Книга С. Т. Мелюхина посвящена мало разработанной философской и естественнонаучной проблеме развития в неорганической природе. Опираясь на достижения современного естествознания, автор в доходчивой форме раскрывает диалектику процесса развития неорганической материи. В книге анализируется сущность различных форм материи в неорганической природе, действие основных диалектических закономерностей во вселенной.

Автор показывает специфику взаимодействия противоположностей в неорганической природе, взаимного перехода количественных и качественных изменений. В специальной главе рассматривается взаимоотношение цикличности, необратимости и поступательности, показывается неуничтожимость процесса развития материи в космосе. Автор подробно раскрывает действие принципа причинности, взаимоотношение между динамическими и статистическими законами, возможностью и действительностью.

Книга рассчитана на широкие круги читателей — на пропагандистов, лекторов, преподавателей и студентов, а также на всех интересующихся философскими вопросами современного естествознания.

Мелюхин Серафим Тимофеевич

О диалектике развития
неорганической природы

Редактор *Э. Струков*

Художник *Н. Дворников*
Художественный редактор *С. Голубев*
Технический редактор *А. Данилина*
Ответственные корректоры *Е. Костюченко* и *Н. Гудзь*

Сдано в набор 21 ноября 1959 г. Подписано в печать 11 февраля 1960 г.
Формат $84 \times 108^{1}/_{32}$. Физ. печ. л. $7^{5}/_{8}$. Условн. печ. л. 12,506.
Учетно-изд. л. 12,86. Тираж 25 тыс. экз. А 01523.
Заказ № 1134. Цена 5 руб.

Госполитиздат, Москва, Д-47, Миусская пл., 7.

Типография «Красный пролетарий» Госполитиздата
Министерства культуры СССР, Москва, Краснопролетарская, 16.

ОТ АВТОРА

Окружающий нас мир — это мир постоянных изменений. Любое явление заключает в себе возможность своего собственного отрицания и зародыши тех будущих форм, в которые оно со временем неизбежно переходит. Эти изменения не прекращаются так же, как не прекращается само существование мира. Естественным результатом изменений является закономерное саморазвитие материи от простого к сложному, от низшего к высшему.

Анализируя окружающую действительность, мы легко можем заметить наличие восходящей линии в развитии *общества*. С каждым годом все более увеличиваются знания человека о мире, развиваются производительные силы и возрастает власть людей над стихийными силами природы. Совершенно очевидна также общая прогрессивная тенденция в развитии *живой природы*. Вся история жизни представляет собой непрерывный процесс усложнения органических форм, начиная с простейших и кончая человеком. Но значительно труднее заметить восходящую линию развития в *неорганической природе*.

Существенные изменения в состоянии космических тел — туманностей, звезд и планет — происходят, как правило, очень медленно, в течение тысячелетий и миллионов лет. Поэтому непосредственные наблюдения показывают не общее направление развития, а по существу лишь моментальные состояния объектов. Судить об их развитии в целом так же затруднительно, как определять содержание кинокартины по нескольким, случайно вырванным, кадрам. Те же изменения, которые совер-

ГЛАВА ПЕРВАЯ

СУЩНОСТЬ РАЗВИТИЯ НЕОРГАНИЧЕСКОЙ МАТЕРИИ

§ 1. Общее определение развития

В материальном мире существуют три большие группы явлений, качественно различающиеся между собой по своим свойствам и закономерностям развития: 1) явления неорганической природы; 2) живой природы и 3) общественные явления. В историческом развитии материи биологические явления возникают на основе процессов в неорганической природе, а общественные — на основе биологических. Это обусловливает неразрывную связь и взаимозависимость между ними. Но с возникновением явлений двух последних групп появляются совершенно новые законы и формы развития, качественно отличающиеся от законов и форм развития в неорганической природе.

В обществе развитие связано с переходом от одной экономической формации к другой, более высокой, прогрессом производительных сил и производственных отношений, накоплением новых научных сведений, увеличивающих власть человека над природой, и, наконец, с усовершенствованием средств отражения действительности. Поскольку общественная жизнь необычайно многогранна, то и критерий развития здесь является весьма сложным и многосторонним.

В живой природе развитие характеризуется уже совершенно другими чертами. Здесь оно выступает как закономерное усложнение внутренней организации и функций растений и животных, направленное на наилучшее приспособление их к условиям существования, а также на всестороннее и дифференцированное отражение этих

условий. Так, в животном мире на более высокой стадии развития будут находиться те виды, которые обладают более совершенной нервной системой, способны всесторонне и дифференцированно отражать различные внешние воздействия и наилучшим образом приспособившиеся к условиям своего существования. Развитие в животном мире связано с усовершенствованием способности отражения. На основе свойства отражения, присущего всей материи, с возникновением жизни появляется свойство раздражимости, а затем и способность к ощущениям. Высшим продуктом развития материи в известной нам области мира является сам человек, способный всесторонне отражать действительность как в чувственных представлениях, так и в абстрактных понятиях.

Но все специфические черты и законы развития общества и органического мира оказываются большей частью неприменимыми в неорганической природе, где общие диалектические закономерности проявляются в иных конкретных формах. В обществе и живой природе развитие связано с понятием прогресса, имеющим различное содержание в каждой из этих областей. В неорганической природе данное понятие большей частью оказывается неуместным. Наблюдая изменения рельефа земной коры и внутренних областей Земли, различные космические процессы, вроде выбрасывания звездами диффузного вещества и обратную концентрацию его в туманности, мы не можем сказать, какая из возникших форм является более прогрессивной. Понятие прогресса характеризует далеко не всякие превращения материи в космосе в процессе ее развития. Оно может применяться, по-видимому, лишь в отношении тех форм развития неорганического мира, которые связаны с переходом от неживого вещества к живому, т. е. с возникновением жизни. Здесь оно как бы выражает связь между развитием неорганической материи и прогрессом в эволюции живой природы. Во всех других случаях развития неорганической материи понятие прогресса неприменимо.

Различие проявляется еще и в следующем. Процесс существования общества и живой природы связывается с движением от низшего к высшему, причем подчеркивается, что, несмотря на временные зигзаги и отступления, в целом развитие все же имеет поступательный характер и неуклонно направлено к более высоким формам. Движение от низшего к высшему имеет место и в неорганической природе, где оно проявляется в виде усложнения связей, форм движения и структуры материальных объектов. Однако здесь оно не тождественно всему процессу существования, а является лишь частью его. Процессы усложнения и интеграции материальных систем необходимо сменяются процессами дезинтеграции и распада. Поэтому здесь нельзя говорить, что движение направлено всегда от низшего к высшему, да и сами эти понятия зачастую не являются адекватным отражением действительных процессов изменения планет, звезд, туманностей и галактических систем.

При анализе форм развития неорганического мира важно учитывать, что свойства и закономерности движения неживой материи качественно отличны от свойств и законов развития биологических и общественных явлений, и поэтому нельзя привычные нам представления о развитии распространять на всю природу. Чтобы выяснить более четко сущность развития неорганической материи, необходимо сначала рассмотреть, каково взаимоотношение между понятиями развития и движения.

Ф. Энгельс писал, что «движение в применении к материи,— это *изменение вообще*» [1]. Движение охватывает всевозможные процессы, начиная от простого перемещения и кончая мышлением.

Понятие развития является менее общим, оно характеризует лишь закономерное, самопроизвольное и целостное изменение в состоянии систем. Но всякая система может испытать внезапное и принудительное внешнее воздействие, которое никак не вытекает из внутренних законов ее развития. Это воздействие может вызвать коренное изменение в состоянии системы или даже полностью разрушить ее. Однако такого рода изменение уже не будет относиться к внутреннему развитию системы, а будет совершенно чуждым ему.

Различие между движением и развитием проявляется и в том, что движение, как способ существования материи, *абсолютно* и охватывает все изменения во всех системах, между тем как развитие *относительно* и зависит

[1] *Ф. Энгельс*, Диалектика природы, Госполитиздат, 1955, стр. 197.

от характера систем. Тот процесс, который выступает как развитие в рамках одной системы, может быть простым изменением в рамках других систем, более общих или менее общих. Чтобы пояснить это, определим, какой смысл имеет понятие системы.

Системой является целостная совокупность элементов, в которой все элементы настолько тесно связаны между собой, что она выступает по отношению к окружающим условиям и другим системам как нечто единое. Во всякой системе связь между ее составными элементами должна быть гораздо более прочной и устойчивой, чем связь каждого из этих элементов с частями других систем. Соблюдение этого условия отличает всякую действительную целостную систему от простого конгломерата каких-либо элементов.

Но всякая система, как данная качественная определенность, относительна. Она может заключать в себе системы меньшего порядка и в свою очередь входить в виде составного элемента в систему большего порядка. Поэтому та совокупность процессов, которая представляет развитие для данной системы, может быть просто небольшим изменением в рамках более общей системы. Например, множество процессов, характеризующих индивидуальное развитие человека, будет лишь весьма незначительным фрагментом в изменении общества в целом.

С другой стороны, процесс развития для данной системы может не быть таковым для систем меньшего порядка, входящих в данную в качестве ее составных элементов. Например, развитие организма в целом может происходить при отсутствии такого же развития молекул, атомов и элементарных частиц, составляющих данный организм. Эти микрообъекты могут претерпевать лишь простые *изменения*, причем совершенно другого порядка, чем организм. Таким образом, мы видим, что множество процессов, представляющих изменения, гораздо шире процессов, представляющих развитие. Понятие развития характеризует лишь интегральное, закономерное и самопроизвольное изменение качественного состояния каждой данной системы как единого целого.

Общий цикл существования всякой системы включает в себя четыре этапа: 1) возникновение системы, 2) восходящую ветвь в ее развитии, 3) нисходящую ветвь в развитии, 4) распад системы на составные элементы или превращение ее в качественно иные формы материи.

Возникновение и все развитие системы определяется принципом причинности и законами сохранения материи и ее важнейших свойств. Оно происходит всегда в течение определенного промежутка времени, тем большего, чем значительнее размеры системы. Восходящее развитие представляет основную стадию существования системы, наиболее полно выражающую ее качественную определенность. Как правило, эта стадия является наиболее длительной. Нисходящая ветвь характеризует угасание системы, потерю ее основной качественной определенности. Распад системы означает прекращение ее существования, хотя материальные объекты, возникшие после этого, могут включиться в новый цикл развития — в рамках совершенно другой системы. Наличие последней возможности имеет большое принципиальное значение, так как оно говорит, что хотя развитие каждой конкретной системы имеет свое начало и конец, но развитие материи, как субстанции, является непрерывным и бесконечным в пространстве и времени.

Из указанных четырех этапов существования систем наибольший интерес представляет второй этап, выражающий восходящую ветвь в развитии. Само понятие развития зачастую отождествляется именно с этим этапом, и для этого всегда имеются определенные основания, поскольку наиболее полно основные особенности развития проявляются именно на этом этапе. Рассмотрим наиболее существенные черты восходящего развития в рамках неорганической природы.

Во всех материальных системах восходящее развитие связано с изменением от простого к сложному, которое во многих случаях совпадает с переходом от низшего к высшему. Понятия простого и сложного при всей их кажущейся очевидности довольно трудно определить точно. Это обусловлено тем, что они имеют не абсолютное, а относительное значение. Всякое простое является таковым не само по себе, а лишь по отношению к чему-то более сложному. Абсолютно простых тел, так же как и абсолютно сложных, в природе не существует. Поскольку природа вечна во времени, то всякий материальный объект является результатом предшествующего бесконечного изменения материи и вместе с тем исходным пунк-

том для последующего бесконечного изменения. Для определения относительной сложности мы должны выделить из бесконечного ряда изменений какой-то ограниченный интервал времени и рассматривать, как в рамках этого интервала происходит развитие материи. В таком случае более сложными будут те материальные объекты, которые возникают в результате естественного и закономерного саморазвития материи и обладают более многообразными связями и формами движения, нежели предшествовавшие им тела. Последние будут соответственно более простыми.

Степень сложности можно определить лишь путем сравнения тел по однородным свойствам. Если тела в корне различны между собой, то это сравнение очень трудно провести. Однако при всем различии все же всегда возможно выделить в предметах некоторые общие признаки, которые и будут отправными для сопоставления. Например, если сравнивается кристалл с каким-либо живым организмом, то определение степени сложности возможно будет провести по физико-химическому строению составляющего вещества. В кристалле имеются лишь сравнительно простые атомные и молекулярные связи. В отличие от этого молекулы живого вещества состоят из десятков тысяч атомов, между которыми существуют необычайно многообразные связи. Такими же многообразными являются связи и между самими молекулами. После проведения такого сравнения станет совершенно очевидным, что всякий живой организм является неизмеримо более сложным по своему физико-химическому строению, нежели кристалл.

В доступных современным измерениям областях мира наиболее простыми из известных форм материи являются элементарные частицы и поля, тогда как наиболее сложным объектом — человек с его сознанием. Если предположить, что вещество нашей планеты возникло в конечном счете из облака диффузной материи, которое когда-то породило Солнце и некоторые другие звезды, то развитие материи в окружающей нас области мира будет характеризоваться ее усложнением от простейших атомов и элементарных частиц до многообразных живых существ и человека. Принимая элементарные частицы в качестве исходного «ноль-пункта» воображаемой шкалы развития, а человеческий мозг — в качестве результата

этого развития, мы можем расположить различные соединения материи в виде длинной генетической лестницы.

На более высоких ступенях ее будут находиться те материальные объекты, которые обладают большим многообразием связей и взаимодействий и соответственно более сложными формами движения. Развитие будет происходить в порядке перехода от элементарных частиц к атомам, затем к молекулам различной сложности, макроскопическим телам и живому веществу.

В этом процессе количественные и качественные изменения находятся в органическом единстве. Количественное увеличение микрочастиц в составе молекул и возникновение между ними новых связей ведет к коренным качественным преобразованиям в структуре молекул и к возникновению новых химических соединений.

Поэтому степень сложности материальных объектов определяется не только их количественными признаками, но прежде всего качественной стороной, характером соответствующих форм движения. Объединение микрочастиц может привести к образованию тела, масса которого будет в миллион раз превосходить массу человеческого мозга, но это не значит, что оно будет сложнее его. В отношении физико-химического строения оно будет неизмеримо проще мозга. Таким образом, критерий сложности заключается не в одном каком-либо свойстве, скажем в массе, а в сумме всех основных свойств и форм взаимосвязей, в специфике соответствующих видов движения. Более сложное тело содержит в себе все основные связи и формы движения, присущие менее сложным телам, но дополнительно к этому оно заключает в себе еще такие формы движения, которые данным телам не присущи. В силу этого оно характеризуется и более сложным законом развития; частным случаем последнего может быть закон развития менее сложных тел.

Благодаря тому, что в развитии всегда происходит не только количественное, но и качественное усложнение систем, процесс развития существенно отличается от простого роста. При росте происходит в основном лишь количественное увеличение свойств и степени сложности системы, но существовавшие ранее формы движения в основном сохраняются. Например, все основные связи и формы движения, присущие двум кирпичам и выросшей затем большой куче кирпичей, остаются примерно одина-

ковыми. В отличие от этого при развитии происходит качественное преобразование связей и форм движения. Рост является необходимой предпосылкой всякого развития, но он никогда не исчерпывает всей сущности развития. Последнее включает в себя и такие качественные изменения, которые не сводятся к простому росту.

Итак, восходящее развитие в рамках неорганической природы представляет собой процесс усложнения связей, форм движения и структуры соответствующих материальных объектов.

Необходимо подчеркнуть, что наши субъективные представления о степени сложности тел далеко не всегда совпадают с объективно реальной сложностью тел в их отношениях друг к другу. Так, в обыденном мышлении атомы и элементарные частицы представляются значительно более сложными для понимания, чем макроскопические тела, между тем как объективно последние значительно сложнее первых, поскольку в них заключены все те формы движения, которые присущи микрочастицам, и еще такие формы движения, которые частицам не свойственны.

Подобное различие между субъективно воспринимаемой и объективно реальной степенью сложности объясняется в данном случае тем, что человек сам является макроскопическим существом и его сознание имеет дело прежде всего с предметами макромира. Постоянно общаясь с ними, человек привыкает к ним, и эта привычка зачастую создает иллюзию глубокого понимания их внутренней сущности. К тому же на практике в большинстве случаев бывают важны не все свойства тел, а лишь некоторые, и именно они изучаются в первую очередь.

Однако, если мы перейдем от внешних сторон предметов к исследованию внутренних законов, определяющих их структуру, к выяснению физико-химической природы их свойств, то все макроскопические тела предстанут перед нами далеко не такими простыми. Для их всестороннего объяснения нам придется привлечь данные многих отраслей знания, в том числе атомной теории, и учесть особенности связей микрочастиц в конкретном теле. Если эта задача будет выполнена хотя бы частично, их свойства покажутся не менее сложными, чем свойства микрообъектов.

В связи с этим необходимо отметить, что последовательность логического познания явлений в теории не всегда может совпадать с объективным ходом их исторического развития. Усложнение материи в окружающей нас области вселенной происходило по линии перехода от элементарных частиц к атомам, молекулам и макроскопическим телам. Между тем развитие познания шло как раз в обратном направлении: сначала были в общих чертах объяснены свойства макроскопических тел, затем наука перешла к исследованию молекул и атомов, а лишь недавно — к элементарным частицам. Единство логического и исторического во многих случаях имеет место, однако оно все же не является всеобщим и непреложным диалектическим законом. Это объясняется прежде всего тем, что внутренние законы развития науки не тождественны объективным законам развития самой материи, хотя между ними и имеется много общего. В науке зачастую исследуется прежде всего не то, что было первичным в историческом развитии явлений, а то, что является наиболее важным в теоретическом и практическом отношениях в данный момент и способствует решению актуальных производственных проблем.

Однако с развитием наук возможно все большее приближение логического познания явлений к характеру их исторического развития, и несовпадение между ними будет постепенно сглаживаться. Так, на основе познания свойств и закономерностей движения микрочастиц в настоящее время удается объяснить некоторые особенности строения сложных химических соединений, синтезировать многие вещества и даже раскрыть физико-химическую природу многих биологических явлений. Несомненно, что в сравнительно недалеком будущем применение новейших достижений физики, химии и кибернетики позволит приблизиться к объяснению самых сложных процессов в живых организмах, а тем самым и практически воздействовать на них в интересах человека.

Выше было отмечено, что восходящая ветвь в развитии не исчерпывает всего цикла существования материальных систем. Наряду с этим в каждой системе имеется и нисходящая ветвь развития. Все живые организмы, достигнув определенного возраста, затем стареют и умирают; звезды и галактики в ходе своей эволюции непрерывно излучают в пространство материю и энергию и в конечном счете прекращают свое существование. Словом,

все, что имеет начало, необходимо имеет и конец. Возникшие в ходе развития высокоорганизованные формы материи впоследствии распадаются на свои составные элементы, которые затем в другом месте и в другое время снова включаются в новые циклы развития.

Распространяется ли данное правило на такую материальную систему, как человеческое общество? Этот вопрос является необычайно сложным, и на него нельзя в настоящее время ответить с полной достоверностью. С давних пор в литературе получили распространение различные пессимистические концепции относительно перспектив развития человечества. Указывали, например, что, когда Солнце со временем остынет, жизнь на Земле неизбежно должна прекратиться. В последнее время, однако, считают, что жизнь на Земле должна прекратиться не в результате остывания, а в результате разогревания Солнца, которое должно иметь место вследствие изменения характера ядерных реакций. Наконец, в некоторых работах указывалось еще и на опасность другого рода, обусловленную исследованиями в области ядерных реакций. Выдвигалось предположение, что в ходе таких исследований внезапно могут быть созданы особые физические условия, при которых начнется мощная термоядерная реакция синтеза водорода, лития, азота, кислорода и других элементов. Результатом этого синтеза явится колоссальный взрыв в масштабах всей планеты, и успех этого последнего человеческого эксперимента будет ознаменован во вселенной вновь появившейся звездой!

Однако далеко не все эти предсказания обладают достоверным смыслом. Внезапный взрыв атмосферы и воды в результате термоядерного синтеза легких элементов в земных условиях неосуществим. Для соединения ядер азота и кислорода в ядра кремния, фосфора и серы нужна температура в миллиарды градусов и столь же колоссальное давление. При этом для взрыва атмосферы необходимо, чтобы такое давление и температура были в масштабах всей планеты. Однако это совершенно невозможно, и поэтому всякий взрыв будет иметь чисто локальный характер, не вызвав существенных изменений в состоянии Земли как планеты.

Если говорить об опасности, связанной с изменением физического состояния Солнца, то и она не является

такой значительной, как это может показаться с первого взгляда. По современным теоретическим данным, Солнце должно существовать в относительно стабильном состоянии еще несколько миллиардов лет, после чего начнется его медленное разогревание в результате изменения характера ядерных реакций. Следовательно, столько же времени возможно и беспрепятственное развитие жизни на Земле. Несколько миллиардов лет — период настолько значительный в существовании человека, что он превосходит всякое воображение. Вся история цивилизации насчитывает лишь 4—5 тыс. лет, и за этот период были уже сделаны разительные успехи в науке и технике.

Каковы же будут эти успехи в грядущем тысячелетии, не говоря уже о миллионах и миллиардах лет? Чтобы хотя в слабой степени представить наглядно неограниченные возможности будущего развития человечества, предположим, что вся история его существования и все достигнутые им успехи в познании и покорении природы изображены в виде некоторой книги, объемом в миллион страниц. Пусть каждая такая страница охватывает период в 4—5 тыс. лет. Высота данной книги будет примерно 100 *м*. В таком случае человечество на современной стадии его развития успело прочесть лишь первую страницу данной книги, тогда как остальные ему еще предстоит прочитать. Что написано на этих страницах, невозможно сказать, но несомненно, что в них содержится решение всех проблем, связанных с обеспечением неограниченного существования человечества если не на Земле, то по крайней мере на других мирах.

Выше говорилось, что начало и конец в развитии свойственны каждой конкретной материальной системе. Но в обществе неограниченное развитие оказывается возможным для явлений совершенно иного порядка.

Действительно, во всяком обществе материальными физическими объектами являются сами люди, здания, в которых они живут, а также орудия и средства производства, при помощи которых они производят материальные блага. Но все эти материальные элементы общества не обладают неограниченным существованием. Одно поколение людей в среднем через 80—90 лет почти полностью вымирает и сменяется новым поколением. Все орудия производства сменяются через еще меньшие сроки. Более длительным оказывается существование

зданий, но и они в конечном счете полностью обновляются.

Что же претерпевает непрерывное поступательное развитие? Во-первых, система знаний людей и их технически-производственный опыт и, во-вторых, их биологическая организация (так же как и у всех других живых существ). Совершенствование биологической организации проявляется у людей главным образом в отношении их способности отражения окружающего мира. Оно выражается в постепенном развитии нервной системы и особенно мозга, в появлении большей способности всесторонне отражать действительность в чувственных представлениях и абстрактных понятиях. Однако совокупность научных и технических знаний, а также биологическая организация не относятся к материальным физическим системам, они представляют собой явление особого порядка, характеризующее *свойства* и *функции* высокоорганизованной материи. Следовательно, непрерывное поступательное развитие оказывается возможным лишь для отдельных свойств и функций общества (если только имеется преемственная связь между предшествующими и последующими состояниями), тогда как его материальное содержание непрерывно обновляется.

Таким образом, мы видим, что существует принципиальное различие между физическими системами природы и такой системой, как общество. В системах природы все их основные элементы существуют до тех пор, пока существует сама система в целом. В обществе, напротив, все составные элементы постоянно сменяются через определенные промежутки времени, и период существования общества в целом оказывается во много раз большим, чем период существования каждого из его элементов. Благодаря такому различию в обществе возможно в принципе неограниченное развитие отдельных его свойств и функций, не встречающихся в природе. Но это неограниченное развитие касается не физических систем, а явлений совершенно другого рода.

Рассмотренное различие между физическими системами и обществом убедительно говорит о том, что нельзя все положения и законы, характеризующие развитие в неорганической природе, автоматически переносить на живую природу, а тем более на общественные явления. *Сущность и законы развития усложняются с самим раз-*

витием. В этом заключается одна из наиболее важных закономерностей материального мира, которую необходимо учитывать всюду.

Говоря о важнейших особенностях процесса развития, нельзя не подчеркнуть тот принципиальный факт, что развитие никогда не выступает в виде некоторого непрерывного восхождения от низшего к высшему, а представляет собой весьма сложное движение, включающее в себя множество отступлений к исходным пунктам. Здесь нет непрерывного перехода простого в сложное, поскольку в противном случае все простые формы исчезли бы и остались только одни сложные. Наряду с возникновением высокоорганизованных форм продолжают существовать и самостоятельно развиваться простые формы. Так, наряду с высшими млекопитающими существуют и продолжают развиваться простейшие организмы, растения, рыбы, земноводные, пресмыкающиеся и т. п. Развитие материи выступает в виде многопланового процесса и происходит на различных уровнях сложности организации. На каждом из таких уровней можно видеть свои специфические законы развития, не тождественные законам других явлений. Низшие формы в ходе своего развития непрерывно взаимодействуют с высшими. В результате такого взаимодействия постоянно совершенствуются как те, так и другие, причем в различных направлениях. Как конкретно проявляется это развитие, мы рассмотрим на примере соотношения форм движения различных материальных систем.

§ 2. Взаимоотношение форм движения в развитии материи

Процесс усложнения связей и структуры материальных объектов совпадает с усложнением их форм движения, поскольку всякое движение выступает в виде взаимодействия различных систем. Ввиду многообразия связей и взаимодействий тел в природе существует множество различных форм движения. Все их можно подразделить на три большие группы: 1) формы движения в неорганической природе, 2) формы движения в живой природе и 3) формы движения в обществе. Эти группы исторически связаны друг с другом, и каждая из них

включает в себя ряд *основных* форм движения, число которых постоянно возрастает по мере развития науки.

Каков критерий выделения форм движения в качестве основных? Этот вопрос еще не получил своего решения и является дискуссионным. В некоторых философских работах все формы движения классифицируются по названию изучающих их наук, причем выделяется пять основных форм движения: механическая, физическая, химическая, биологическая и общественная. Подобная классификация отражает некоторые объективные стороны во взаимоотношении форм движения, однако она все же не является достаточно точной. Прежде всего неясно, почему механическая форма движения выделяется из числа физических. Механика всегда была и остается частью физики, и если такие разнородные процессы, как тяготение, свет, ядерные реакции, теплота и т. п., объединяются в одну физическую форму движения, то нет основания исключать из физических процессов механическое перемещение.

Однако дело не только в этом. В приведенной классификации подчеркивается существование *одной* физической формы движения. Между тем такой единой формы в природе не существует. Изучаемые физикой процессы — пространственное перемещение, электромагнитные явления, тяготение, ядерные реакции, взаимодействия элементарных частиц, теплота, процессы кристаллизации, изменения агрегатных состояний и т. д.— представляют собой совершенно разнородные явления, которые подчиняются качественно различным закономерностям. Поэтому нет никаких оснований рассматривать их в качестве одной формы движения. Важно заметить в связи с этим, что Ф. Энгельс говорил о *многих* физических формах движения [1], из которых он упоминал свет, теплоту, электричество, звук, соединение и разъединение атомов и др. Таким образом, можно твердо сказать, что в природе существует не пять, а значительно больше основных форм движения, в соответствии с неисчерпаемостью мира.

Все эти формы движения далеко не всегда можно классифицировать по названию изучающих их наук, поскольку одну и ту же форму движения могут изучать несколько смежных наук, так же как одна наука способна изучать несколько качественно различных форм движения. Например, ядерные реакции, ведущие к превращению химических элементов, изучаются одновременно физикой и радиохимией. Внутримолекулярные процессы исследуются одновременно как методами физики, так и методами химии. Классификация данных форм движения по названию изучающих их наук не определила бы их специфики и могла бы привести к путанице, что и имело место в литературе, когда некоторые химики объявляли данные процессы только химическими и принципиально несводимыми к физическим, а физики рассматривали их как предмет исследования своей собственной науки.

Чтобы разрешить подобные споры, формы движения правильнее было бы определять не по формальным признакам, а по их существу, по объективному качественному своеобразию. Здесь важно учитывать: 1) принцип исторического развития материи, предполагающий возникновение более сложных форм движения из менее сложных; 2) специфические особенности объектов, которым присущи данные формы движения; 3) общий закон, которому подчиняются все процессы, входящие в данную форму движения.

Учет принципа развития позволяет выделить объективный критерий классификации форм движения, в соответствии с тем, как они исторически возникали. Учет специфики объектов важен потому, что свойства движения, как способа существования материи, всегда определяются особенностями тех материальных объектов, которые являются носителями данного движения. И, наконец, общие законы необходимо иметь в виду потому, что одному и тому же объекту могут быть присущи самые различные формы движения, и тогда классификация их окажется невозможной без указания того закона, которому подчиняется каждая из данных форм движения. Обобщая сказанное, мы можем сделать вывод, что каждая из основных форм движения включает в себя такие процессы, которые характеризуют существование больших совокупностей материальных объектов, подчиняются единым закономерностям и обладают общностью в своих проявлениях.

[1] См. *Ф. Энгельс*, Диалектика природы, стр. 12, 197—199.

Исходя из этих признаков, рассмотрим важнейшие особенности основных форм движения, существующих в природе.

Наиболее простыми объектами, известными в настоящее время, являются элементарные частицы и поля. Естественно поэтому начать анализ форм движения с рассмотрения тех процессов, которые присущи данным микрообъектам. Из форм движения элементарных частиц и полей необходимо указать прежде всего такие, как пространственное перемещение, электромагнитные изменения, гравитационные взаимодействия, ядерные реакции, процессы в вакуумных полях. *Пространственное перемещение* представляет собой одну из наиболее общих форм движения, существующих в природе. Оно присуще не только микрочастицам, но и макроскопическим телам. При данной форме движения изменяются пространственные и временные связи тел. Пространственное перемещение имеет множество конкретных проявлений. Оно может быть равномерным, прямолинейным, ускоренным, криволинейным, вращательным и т. п. Все эти его проявления описываются законами классической и квантовой механики.

В макроскопических явлениях пространственное перемещение выступает как механическое движение. Зачастую понятие механического движения отождествляется с понятием пространственного перемещения в целом, однако, строго говоря, такое отождествление неточно. Механическое движение представляет собой один из конкретных видов пространственного перемещения, но оно не исчерпывает всех его проявлений. Так, движение в пространстве элементарных частиц, распространение взаимодействий в электромагнитном, гравитационном и ядерном полях представляют собой несомненно пространственное перемещение некоторой материи, но тем не менее они не являются механическим движением. Последнее всегда предполагает наличие у тела некоторой траектории, одновременного точного значения координат и импульса. К микрообъектам данные понятия неприменимы. В силу принципа неопределенности, квантовых свойств микрообъектов и их неразрывной связи с различными полями микрочастицы не обладают одновременно точными значениями координат и импульсов. Их движение не является траекторным, а подчиняется

специфичным волновым законам квантовой теории. Поэтому данное движение не может быть названо механическим перемещением. Механическими являются лишь те формы пространственного перемещения, которые присущи макроскопическим телам и подчиняются законам классической механики.

Иногда утверждают, что пространственное перемещение предшествовало в историческом развитии другим формам движения. При этом ссылаются на то, что оно является наиболее простым, а развитие, как известно, происходит от простого к сложному. Указывалось также, что механическое движение было первым подробно исследовано в механике и поэтому — в силу единства логического и исторического — оно должно быть первичным и в самом развитии материи.

Однако, несмотря на внешнюю убедительность, подобная точка зрения все же противоречит действительности. Ссылка на единство логического и исторического здесь не может служить достаточным аргументом, ибо на самом деле процесс познания природы далеко не всегда идет тем же путем, каким происходило ее развитие.

Но механическое движение не может быть первичным по отношению к другим формам движения и по своему существу. Для того чтобы подобная первичность была возможной, необходимо, чтобы в природе когда-то существовали такие материальные объекты, которым было бы присуще только одно механическое движение, но никакие другие формы движения. Из данных объектов должны были бы возникнуть все тела, и соответственно этому из механического движения — все другие формы движения. Но подобных объектов в природе принципиально не может существовать.

Данные объекты не должны были бы обладать никакой структурой, ибо всякая структура уже сама по себе предполагает наличие в теле каких-то других процессов, отличных от механического движения, а таковых, по определению, не должно быть. Им не могут быть присущи также и никакие внешние связи, поскольку последние предполагают такое взаимодействие и движение микрообъектов, которое никак не сводится к механическому движению. Но при отсутствии внутренних и внешних связей данные микрообъекты не могли бы объединиться в более сложные образования и, таким образом,

из них не могли бы возникнуть атомы, молекулы, макроскопические тела и соответствующие им формы движения. Следовательно, в природе не могут существовать подобные первичные, бесструктурные микрообъекты, которым было бы присуще одно лишь механическое движение. Любому материальному объекту наряду с пространственным перемещением обязательно присущи другие формы движения, которые выражают его внутренние и внешние связи. Например, элементарным частицам свойственно также электромагнитное, гравитационное и ядерное движения. Известные формы движения макроскопических тел возникли не на основе одного лишь механического движения, а на основе многообразных форм движения элементарных частиц и полей.

Во избежание недоразумений необходимо подчеркнуть, что когда в данной работе речь идет о возникновении макроскопических тел и соответствующих им форм движения, то не имеется в виду, что когда-то в мире совсем не существовало макроскопических тел, а были одни только элементарные частицы. Вселенная бесконечна, и различные ее области находятся на разных уровнях развития. Поэтому если в одних областях материя существует в форме элементарных частиц и полей, то в других она может быть уже в виде сложных химических соединений, в том числе и живого вещества с соответствующими ему формами движения.

Об историческом развитии форм материи и движения здесь всегда говорится применительно к конечным областям пространства, в которых происходит переход от простого к сложному, от низшего к высшему. При этом в других областях возможны обратные процессы распада и переход к менее сложным формам движения.

Помимо пространственного перемещения элементарным частицам присуща *электромагнитная* форма движения, объединяющая всевозможные процессы в электрических и магнитных полях, а также взаимодействия микрочастиц с данными полями. Материальным носителем данной формы движения являются электромагнитное поле и заряженные частицы. Электромагнитное движение имеет необычайно многообразное проявление. Излучаемые телами электромагнитные волны, начиная от радиоволн и кончая гамма-квантами большой энергии, характеризуются самой различной частотой колебаний и соответственно этому по-разному взаимодействуют с частицами и макроскопическими телами. Но вместе с тем всем электромагнитным процессам присущи общие черты, находящие свое выражение в единых законах электродинамики. Скорость распространения сигналов в электромагнитном поле строго постоянна и не зависит от скорости и направления движения излучающего источника.

Следующая форма движения — *гравитационная,* характеризующая взаимодействия микрочастиц (и макроскопических тел) через посредство полей тяготения. Гравитационное взаимодействие в элементарной форме описывается известным законом Ньютона, а более точно — законами общей теории относительности. Как и электромагнитное поле, гравитационное поле обладает непрерывным распределением в пространстве и бесконечно большим числом степеней свободы, так что для полного его описания потребовалось бы задать бесчисленное множество параметров. Распространение сигналов в нем происходит по принципу близкодействия — от точки к точке. Скорость распространения взаимодействия в гравитационном поле принимается равной скорости в вакууме. Однако это значение скорости определено не экспериментально, а теоретически, на основе анализа соответствующих уравнений. Экспериментальные же данные о гравитационных процессах пока весьма ограниченны, поскольку не известно каких-либо средств, которые позволяли бы искусственно увеличивать или уменьшать напряженность гравитационных полей, экранировать от их действия и т. п. Предполагается, что квантами, или частицами, гравитационного поля являются гравитоны, подобно тому как фотоны являются квантами электромагнитного поля. Однако в отличие от фотонов гравитоны до сих пор непосредственно еще не обнаружены.

Особой формой движения в микромире является *ядерная.* Ее содержание составляют различные процессы в атомных ядрах, в частности взаимодействие протонов и нейтронов через посредство мезонного или ядерного поля. Проявлением ядерной формы движения являются различные ядерные реакции, ведущие к превращению одних химических элементов в другие. Материальными носителями или квантами ядерного поля в

современной теории выступают положительные и нейтральные пи-мезоны — частицы с массой в 273 и 262 электронные массы.

Все формы движения микрочастиц неразрывно связаны между собой и при определенных условиях могут превращаться друг в друга. Это превращение может осуществляться в процессах взаимного перехода одних элементарных частиц в другие. Так, различные пары противоположно заряженных частиц — электроны и позитроны, положительные и отрицательные мезоны и др.— способны превращаться в кванты электромагнитного поля и в свою очередь возникать при определенных условиях за счет фотонов большой энергии. В настоящее время не известно ни одной микрочастицы, которая не могла бы прямо или косвенно превратиться в другие частицы. Раскрытие внутренней сущности взаимопревращений элементарных частиц пока что выходит за пределы возможностей современной теории. Но уже в настоящее время твердо известно, что все эти процессы подчиняются строгим закономерностям; некоторые из них уже сформулированы в виде соответствующих уравнений движения и законов сохранения массы, энергии спина (собственного вращательного момента), количества движения, электрического заряда и др. Наличие подобных закономерностей указывает на то, что процесс превращения элементарных частиц представляет собой особую форму движения, которая не сводится к перечисленным выше. Раскрытие внутреннего содержания этой формы движения составляет задачу науки.

Указанные процессы не исчерпывают всех форм движения в микромире. В результате развития теории за последние годы установлено существование особых вакуумных состояний полей — полей без частиц, в которых собственное значение энергии имеет абсолютный минимум. Вакуумные поля постоянно взаимодействуют с электронами, протонами, нейтронами и другими частицами, и это взаимодействие приводит к некоторому изменению основных свойств частиц — электрического заряда, массы, магнитного момента. В результате взаимодействия электронов с электромагнитным вакуумом в атомах происходит некоторый сдвиг энергетических уровней электронов, а сами электроны совершают своеобразное колебательное движение вокруг определенных

положений. Процессы в вакуумных полях представляют собой особую форму движения, возможно более простую, чем формы движения самих элементарных частиц.

Движение микрочастиц лежит в основе всех изменений в телах и обусловливает в конечном счете все известные физико-химические процессы. Вместе с тем в нем заключена, в качестве тенденции, возможность возникновения более сложных форм движения. Взаимодействие микрочастиц через посредство различных полей неизбежно приводит к образованию атомных ядер, а при определенных условиях также атомов и молекул. Данным микрообъектам соответствуют уже качественно новые формы движения.

Различие между движением элементарных частиц, с одной стороны, и движением атомов и молекул, с другой, проявляется в следующих отношениях. Согласно квантовой теории, с движением каждой микрочастицы связана определенная длина волны, которая обратно пропорциональна массе и скорости движения частицы: $\lambda = \frac{h}{mv}$ (h — постоянная Планка). Длина волны характеризует квантовые особенности в движении микрочастиц и отличие его от механического движения. Атомы и молекулы, как правило, обладают намного большей массой, чем элементарные частицы, и в силу этого их длина волны будет соответственно меньше. А это значит, что их пространственное перемещение в гораздо большей степени становится подобным механическому движению по траектории, нежели перемещение элементарных частиц. К атомно-молекулярным системам оказывается уже возможным применение законов классической механики.

Специфичным для атомно-молекулярных систем является возникновение такой формы движения, которую принято называть *химической*. Сущность химической формы движения заключается во взаимодействии атомов, молекул, ионов и радикалов, в изменении их структуры и во взаимных превращениях. В основе всех превращений химических соединений лежит перераспределение связей между атомами в молекулах и перестройка электронных оболочек атомов и молекул.

Все химические явления в конечном счете обусловлены движением элементарных частиц, однако они не

сводятся к нему, поскольку химические процессы характеризуют существование качественно новых объектов — атомов и молекул. В сложных атомах и молекулах имеется большое количество микрочастиц, связи между которыми гораздо более многообразны, чем связи между данными частицами в свободном состоянии. Поэтому расчетные методы современной квантовой механики здесь уже далеко не всегда приводят к удовлетворительным результатам. Для теоретического анализа структуры сложных химических соединений и выяснения наилучших способов их искусственного синтеза требуется значительное усовершенствование аппарата теории, а с технической стороны — применение новейших электронно-вычислительных машин. Если удастся осуществить все эти условия — а с принципиальной стороны это вполне возможно,— то тем самым выяснится сущность химической формы движения на основе более простых форм движения элементарных частиц. Это, конечно, нельзя понимать в том смысле, что химическая форма движения будет совсем упразднена. Она несомненно останется, и ее специфику нельзя уничтожить, поскольку всегда существуют атомно-молекулярные системы, являющиеся носителями данной формы движения. Но в ней уже не будет ничего таинственного и необъяснимого с точки зрения количественных методов теории микроявлений.

При объединении атомов и молекул в макроскопические тела возникают качественно новые формы движения, включающие в себя такие процессы, как теплота, изменение агрегатных состояний, кристаллизация, звук и другие изменения в твердых, жидких и газообразных телах. Эти формы движения присущи большим совокупностям микрочастиц и не применимы к отдельным частицам. *Тепловое* движение представляет собой процесс перемещения и взаимного столкновения атомов и молекул в рамках макроскопической системы. Мерой интенсивности теплового движения является температура, которая пропорциональна скоростям движения частиц.

Из форм движения, существующих в неорганической природе, следует упомянуть еще такие, которые характеризуют изменения космических тел. Все космические тела типа Земли, Солнца, звезд, галактик и т. д. представляют собой качественно различные объекты, подчиняющиеся своим специфическим законам. Поэтому им должны быть присущи и особые формы движения, которые не сводятся к формам движения микрочастиц и окружающих нас макроскопических тел. Классификация данных форм движения в настоящее время еще не разработана, ибо недостаточно раскрыта их сущность.

Развитие неорганической материи при определенных условиях приводит к возникновению качественно новых форм биологического движения, которые составляют содержание жизненных процессов. Жизнь Ф. Энгельс определял как способ существования белковых тел, заключающийся в непрерывном обмене веществ между организмом и окружающей средой, в единстве процессов ассимиляции и диссимиляции. Жизненные процессы, если подходить к ним дифференцированно, включают в себя не одну, а несколько основных форм движения. Однако классификация их также еще не разработана, поскольку здесь отсутствует единая количественная мера движения (для некоторых форм движения в неорганической природе такой мерой является энергия). Все же, исходя из указанного выше критерия, можно попытаться выделить некоторые основные формы движения в рамках живой природы. При этом мы будем исходить из специфики объектов, которым присущи данные формы движения, и из общих законов, которым они подчиняются.

В живой природе существует огромное количество видов растений и животных, однако основные формы движения нельзя классифицировать по видам, поскольку в этом случае пришлось бы указать более миллиона таких форм движения, что явно неприемлемо. Но, абстрагируясь от многообразия видов, в рамках живой природы можно выделить биологические *системы* различных порядков, которые и могут служить отправным пунктом для классификации. Такими основными системами являются: 1) макромолекула белка, как элементарная единица живого, 2) клетка, 3) организм, 4) вид, как единство особей определенного рода, 5) биоценоз, представляющий собой совокупность видов, распространенных в среде обитания с более или менее однородными условиями существования, 6) вся биосфера, или область распространения всего живого на Земле. Каждая из этих систем подчиняется своим особым законам развития, и поэтому для любой из них можно указать

определенные формы движения и взаимосвязей. Мы рассмотрим лишь наиболее общие из них.

Важнейшей формой движения в рамках живой природы является *обмен веществ,* процесс ассимиляции и диссимиляции. Всякое живое тело представляет собой целостную саморегулирующуюся белковую систему, которая находится в неразрывном единстве с условиями своего существования, обладает повышенной избирательной реакцией на жизненно важные воздействия и способна к воспроизведению себе подобных систем. Наличие этих признаков отличает живое тело от неорганических объектов.

Обмен веществ предполагает непрерывное обновление состава всех клеток за счет усвоения организмом различных питательных веществ из среды и выделения ненужных продуктов жизнедеятельности. В результате этого во всех тканях организмов, включая костные, постоянно происходят перемещения атомно-молекулярных комплексов. Клетка и все живое тело выступает как единство противоположностей качественной устойчивости и непрерывной изменчивости.

Обменные процессы в простейших формах существуют и в неорганической природе, где всякая система непрерывно взаимодействует с окружающей средой. В результате этого происходит окисление металлов, вымывание и выветривание горных пород, перемещение больших масс веществ из одних мест в другие. Но в живой природе обмен веществ принципиально отличен от таковою в неживой. Это отличие проявляется в следующих отношениях: 1) при обмене веществ в живой природе идет не разрушение, а постоянное воспроизведение форм и функций организмов на протяжении всего их жизненного цикла; 2) обмен веществ имеет избирательный, направленный характер, поскольку ассимилируются только строго определенные вещества; 3) в течение жизненного цикла химический состав организмов неоднократно обновляется, в то время как в неорганических системах такая быстрота обмена невозможна; 4) возможно сравнительно быстрое изменение типа обмена веществ в соответствии с новыми условиями существования; 5) реакции организмов на внешние воздействия могут быть необычайно сложными и многосторонними.

Во всех живых организмах, начиная от простейших и кончая высокоорганизованными млекопитающими, обмен веществ подчиняется единым закономерностям. Все обменные процессы включают в себя реакции окисления, восстановления, гидролиза и др. Данные реакции могут протекать и в неорганических телах, но в живых организмах они осуществляются с неизмеримо большей интенсивностью и скоростью, обусловленной каталитическим действием белковых ферментов.

Помимо обмена веществ, который является основой жизни, в живой природе существуют и другие формы движения. Одна из них связана с процессами *отражения,* свойственными всем организмам. В живой природе отражение проявляется в форме раздражимости и ощущения, а на высшем уровне — в форме мышления. Процессы отражения тесно связаны с обменом веществ, однако они не сводятся целиком к нему. Раздражимость представляет собой способность организмов целесообразно и избирательно реагировать на жизненно важные действия. Ощущение выступает как дифференцированная раздражимость, предполагающая способность организмов раздельно реагировать на свет, теплоту, звук, химические воздействия и т. п. Ощущение присуще лишь высокоразвитым организмам, обладающим нервной системой и различными органами чувств.

Как раздражимость, так и ощущение исторически возникают на основе того свойства отражения, которое присуще всей материи в целом, в том числе и неорганической. Известно, что любая материальная система непрерывно взаимодействует с другими системами, оказывает на них влияние и в свою очередь изменяется в результате внешних воздействий. Подобные изменения всегда находятся в определенном соответствии с состоянием тех материальных объектов, которые оказывают влияние на систему. Последняя как бы «запечатлевает» в себе данное состояние и изменяется благодаря этому. Таким образом, свойство отражения представляет собой способность всякой материальной системы вполне определенным образом реагировать на внешние воздействия, изменяясь под их влиянием. Практическое использование свойства отражения достигается в различных приборах, назначение которых как раз заключается в том, чтобы «запечатлевать» состояние измеряемой среды.

В своем историческом развитии свойство отражения, присущее неорганическим телам, преобразуется с возникновением жизни в раздражимость, а затем в ощущение. Живой организм, как и всякое физическое тело, отражает в своей структуре различные физико-химические воздействия: гравитационные, электромагнитные, механические и т. п. Но дополнительно к этому он обладает повышенной избирательной реакцией на жизненно важные воздействия — на свет, тепло, различные химические вещества. Эта реакция и проявляется как раздражимость и ощущение.

Кроме данной формы движения организму, как целостной биологической системе, присущи, по-видимому, и другие формы. В частности, различные процессы, связанные с передачей наследственных признаков и изменением наследственности под действием окружающих условий, могут быть отнесены к особой форме движения, поскольку они подчиняются своим собственным статистическим законам, исследуемым генетикой.

Из форм движения, присущих более общим системам — виду и биоценозу, следует отметить прежде всего различные *внутривидовые* и *межвидовые отношения*, которые подчиняются закону естественного отбора. Данные отношения тесно связаны с обменом веществ, но только к нему они не сводятся.

Наконец, в рамках биосферы существуют особые формы движения, которые характеризуют многообразные отношения живого с неживым в масштабах всей планеты. Результатом действия этих форм движения является изменение всего облика Земли как планеты за время существования жизни.

Высшим продуктом развития живой природы является человек, с возникновением которого появились новые общественные формы движения. В обществе, как и всюду в природе, существуют системы различных порядков: человек, семья, производственный коллектив, город, государство и, наконец, общество в целом.

Каждая такая система наряду с общими закономерностями подчиняется и своим специфичным законам, и это дает основание полагать, что в обществе существуют различные формы движения. Но, поскольку их классификация еще не разработана, мы не будем на

них останавливаться. Рассмотрим лишь такую форму движения, как *мышление.*

Мышление представляет собой процесс отражения действительности в чувственных представлениях, абстрактных понятиях и научных законах. По своему физиологическому содержанию оно выступает как результат взаимодействия между несколькими миллиардами клеток коры головного мозга. Это взаимодействие направлено на отражение внешнего мира, а также на регулирование тех процессов, которые протекают в человеческом организме. Мышление неразрывно связано с другими формами движения и всегда сопровождается тепловыми, электромагнитными, химическими и обменными процессами в мозгу. Однако к ним оно все же не сводится. Содержанием мышления являются не данные процессы, а отражение внешнего мира в чувственных представлениях и абстрактных понятиях. Поэтому, если бы даже нам удалось разложить мышление на обусловливающие его более простые формы движения, мы все равно не смогли бы исчерпать всех его специфических особенностей. Для полного раскрытия содержания мышления необходимо было бы учесть не только все внутренние изменения в коре головного мозга человека, но и все многообразные связи данного человека с окружающим его миром, поскольку содержанием мышления является именно отражение этих связей. В этом как раз и заключается принципиальное отличие мышления от других форм движения.

Итак, если подвести итоги сказанному, то можно выделить следующие основные формы движения:

I. *В неорганической природе* — пространственное перемещение, присущее всем без исключения материальным объектам; движение элементарных частиц и полей (гравитационное, электромагнитное, ядерное, процессы взаимопревращения элементарных частиц и взаимодействия в вакуумных полях); движение атомов и молекул, лежащее в основе всех химических реакций; движение макроскопических тел (теплота, звук, изменение агрегатных состояний, процессы кристаллизации и т. п.); движение космических систем различных порядков (планет, звезд, звездных систем и т. д.).

II. *В живой природе* — формы движения: макромолекулы белка и клетки (обменные процессы); орга-

низма (обмен веществ, процессы отражения и передачи наследственности); вида и биоценоза (всевозможные внутривидовые и межвидовые отношения); биосферы (процессы взаимодействия всей органической и неорганической природы на Земле).

III. *В обществе* — формы движения, свойственные отдельному человеку, коллективу людей, государству и обществу в целом. Сюда относятся мышление и всевозможные общественные изменения, связанные с развитием производительных сил, науки, культуры, классовых взаимоотношений и т. п.

Общее количество форм движения, существующих в мире, весьма велико, поскольку объективная действительность неисчерпаема во всех своих проявлениях.

Усложнение форм движения в развитии природы представляет собой одновременно и процесс усложнения связей материальных объектов. В области неорганической природы существуют лишь физические связи, предполагающие взаимодействие либо через различные поля, либо путем непосредственного контакта. В живой природе появляются совершенно новые биологические связи, выражающиеся в различных внутривидовых и межвидовых отношениях. Что же касается общества, то здесь возникают еще более сложные отношения — производственные, национальные, государственные, классовые, родственные и др.

Как биологические, так и общественные связи принципиально не сводятся к физическим, и поэтому применение методов физики для их объяснения не может привести к удовлетворительным результатам. Поэтому совершенно несостоятельны надежды сторонников механического детерминизма вывести все явления материального мира, в том числе и общественные, из усложненных физических законов.

Каждая из более сложных форм движения исторически возникает на основе взаимодействия менее сложных форм, которые могут существовать в ней в качестве материальной основы. Однако эти менее сложные формы существуют в более сложных не в том же виде, а в преобразованном, играя подчиненную роль. Их проявления здесь строго ограничиваются законами более сложной формы движения. Например, тепловая форма движения в неорганической природе может существовать в очень широком диапазоне температур — от абсолютного нуля до миллиардов градусов. Но в живых организмах она существует всегда в весьма узком температурном интервале и регулируется биологическими процессами. Многие химические реакции окисления и восстановления в неорганической природе протекают сравнительно медленно. Но в живых организмах те же реакции могут протекать необычайно интенсивно. Подобное ускорение обусловлено влиянием биологических форм движения, в частности каталитическим действием белковых ферментов. С другой стороны, сами биологические процессы в человеческом организме могут зависеть от более сложной формы движения — мышления. Известно, что психическое состояние человека может существенно влиять на его физиологическое состояние и отклонение от нормы в психике может являться причиной серьезных внутренних заболеваний.

Таким образом, между низшими и высшими формами движения имеется двусторонняя связь: в историческом развитии материи первые порождают вторые, но, возникнув, последние оказывают существенное влияние на свойства и закономерности проявления первых.

Взаимное влияние форм движения друг на друга подчиняется принципу близкодействия. Это значит, что непосредственно связаны между собой лишь те формы движения, которые близко стоят друг к другу на лестнице эволюционного развития материи. Те же формы движения, которые значительно различаются между собой по степени сложности, связаны друг с другом косвенно, через посредство промежуточных форм. Аналогичным образом происходит и их взаимопревращение. Формы движения, относящиеся к одной области явлений и мало различающиеся между собой по сложности, как правило, непосредственно превращаются друг в друга. Так происходит, например, взаимопревращение механического, электромагнитного и теплового движений. Если же формы движения значительно различаются по степени сложности, то их превращение друг в друга невозможно. Но между ними все же имеется косвенная связь через посредство других, промежуточных форм движения. Например, механическое движение не может превратиться в мышление, но оно косвенно связано с ним. Если на какой-либо участок чело-

веческого организма оказывается механическое воздействие, то оно вызывает физиологическое возбуждение чувствующих нервов, в которых возникают различные тепловые, электромагнитные и химические процессы. Затем физиологическое возбуждение передается биотоками по нервным путям в сенсорный центр коры головного мозга, и там после множества других преобразований энергия внешнего раздражения возбуждает соответствующий образ в сознании.

Обратная последовательность процессов имеет место в случае связи мышления с низшими формами движения. Сигналы, возникающие в коре головного мозга, сначала преобразуются в физиологическое возбуждение, последнее передается по нервным путям и, достигнув соответствующих мышц, вызывает в них комплекс различных физико-химических реакций, ведущих к сокращению мышц и осуществлению целенаправленного действия.

Косвенная связь между совершенно разнородными формами движения отражает ту закономерность, которая имела место в развитии материи. В развитии природы низшие формы движения не сразу превратились в высшие, а сначала возникло множество промежуточных форм, существовавших сотни миллионов лет и зачастую сохраняющихся до сих пор. Прослеживая в лабораторных условиях связь между низшими и высшими формами движения, мы можем видеть здесь как бы сокращенное воспроизведение тех процессов, которые имели место в историческом развитии природы. В едином находит свое выражение всеобщее.

В развитии природы более сложные формы движения зачастую возникают не после того, как предшествующие им процессы исчерпали возможности своего дальнейшего усложнения, а задолго до этого. Непрерывный процесс развития как бы разветвляется на множество направлений и приобретает нелинейный характер. Наряду с прежними формами движения, которые продолжают развиваться, возникают новые, причем начало последних не совпадает с заключительным циклом развития предшествующих им форм движения. Так, различные молекулярные соединения возникают не после исчерпания возможностей усложнения атомов, т. е. не после образования трансурановых элементов, а задолго

до этого и независимо от этого. Простейшие соединения наблюдаются уже на звездах раннего спектрального класса, которые почти целиком состоят из водорода и гелия.

В некоторых случаях наиболее сложные явления, возникшие в результате развития предшествующих форм движения, не являются совершенно необходимыми для развития последующих высших форм движения, которые могут эволюционировать и на базе значительно менее сложных явлений. Так, например, жизнь возникает не на основе тяжелых химических элементов, хотя последние и существуют в земной коре, а на основе водорода, углерода, азота, кислорода и кальция, на долю которых приходится основная масса вещества во всех живых организмах. Возникновение новых форм движения прерывает количественную постепенность развития и означает переход к новому качеству, в котором старые формы движения играют подчиненную роль.

Но не всякое движение усложняется в одинаковой степени и не всегда происходит только усложнение. В некоторых случаях развитие идет как бы в одной плоскости и формы движения имеют одинаковый порядок сложности. Таковы, например, различные формы движения элементарных частиц. В других случаях усложнение одних форм движения может быть связано с относительным упрощением других форм. Так, при объединении элементарных частиц в атомы, молекулы и макроскопические тела происходит усложнение их электромагнитных и гравитационных связей и соответствующих им форм движения, причем оно может продолжаться практически неограниченно. Но ядерная форма движения усложняется лишь до известного предела, в соответствии с верхней границей периодической системы элементов. Ядерные силы имеют очень малый радиус действия — порядка 10^{13} *см*, и поэтому все атомные и молекулярные соединения никак не могут обусловливать их усложнение.

С другой стороны, возможны и такие случаи, когда при объединении микрочастиц в более сложные системы некоторые формы движения упрощаются. Это имеет место, например, в случае пространственного перемещения. Движение микрочастиц происходит по сложным волновым законам и не является механическим процес-

сом. Между тем при объединении частиц в молекулы и макроскопические тела волновые свойства становятся практически незаметными, поскольку длина волны $\left(\lambda = \frac{h}{mv}\right)$ при увеличении массы стремится к нулю. Соответственно квантовые законы движения уступают место законам классической механики. Последние являются более простыми и выступают как частный предельный случай квантовых закономерностей.

Относительное упрощение одних сторон при усложнении других возможно не только в неорганической природе, но и в развитии живых организмов. Да и в обществе прогресс в одних отношениях зачастую сопровождается регрессом в других, хотя в целом развитие происходит по восходящей линии.

В связи с этим необходимо подчеркнуть, что целостная система не во всех отношениях бывает сложнее ее составных компонентов. В некоторых случаях часть по определенным формам движения может быть сложнее целого, тогда как в отношении других форм движения целое, конечно, сложнее каждого из составных элементов.

Наряду с этим во взаимоотношении форм движения в процессе развития материи имеются и другие важные закономерности. Одну из них можно выразить следующим образом: чем более сложной и высокоорганизованной является форма движения, тем более стабильны и узки условия ее существования. Движение элементарных частиц может существовать во всех известных физических условиях. В отличие от этого химическое движение возможно лишь при наличии молекулярных соединений. В недрах звезд, при температуре в миллионы градусов, химические соединения не могут существовать, и, следовательно, там невозможна и химическая форма движения.

Для биологических процессов условия развития являются еще более узкими. Жизнь в известных нам формах возможна лишь при наличии углекислоты, кислорода, воды, различных минеральных веществ и определенной температуры.

Весьма узкими являются физико-химические условия существования высших млекопитающих, в том числе человека. Расширение человеком среды своего обитания

оказывается возможным лишь благодаря использованию одежды, жилищ, транспорта и других средств, порожденных развитием производительных сил.

Обратимся теперь к конкретному рассмотрению того, как происходит развитие различных материальных объектов, начиная от микрочастиц и кончая гигантскими космическими системами.

§ 3. Развитие микрообъектов

Существует глубокая внутренняя связь между макроскопическими явлениями и процессами в области микромира. Все физико-химические изменения в телах обусловлены в конечном счете связями и взаимодействиями молекул, атомов и элементарных частиц. Следовательно, для того чтобы правильно понять причины развития в макромире, мы должны распространить принцип развития и на область микроявлений.

Конкретное решение данной задачи сталкивается со значительными трудностями. В современной физике и химии имеется слишком мало фактического материала о формах развития микрочастиц, и последние зачастую рассматриваются не как исторически изменяющиеся во времени, а как извечные и совершенно неизменные. Иногда считается, что все процессы в микромире полностью обратимы и нельзя выделить какой-нибудь преимущественной тенденции в движении и связях микрочастиц. Отсюда некоторые авторы делают вывод о том, что в микромире нет и не может быть никакого развития. Оно возможно лишь в области макроскопических явлений.

Однако с подобными взглядами никак нельзя согласиться, ибо они ведут к отрицанию единства мира и устанавливают непроходимую грань между микро- и макроскопическими явлениями. Если в микромире нет никакого развития, то его не должно быть и в макромире, поскольку свойства последнего зависят от микропроцессов. Но это, как известно, противоречит действительности, и, следовательно, признавая принцип единства мира, мы должны распространить идею развития и на область микроявлений. В. И. Ленин писал, что «всеобщий принцип развития надо соединить, связать,

совместить с всеобщим принципом *единства мира*, природы, движения, материи etc.»[1]

В самом общем виде развитие микрообъектов можно определить как естественное и закономерное усложнение их структуры, связей и форм движения. Для того чтобы конкретно говорить об этом усложнении, необходимо выделить некоторые наиболее простые образования, способные служить основой для возникновения других форм материи. При этом, конечно, важно иметь в виду, что данные образования просты не в абсолютном, а в относительном смысле, поскольку объективно каждый предмет неисчерпаем в своей структуре и свойствах.

Наиболее простыми микрообъектами являются элементарные частицы и поля, с которых мы и начнем анализ форм развития в микромире.

Под элементарными частицами в современной физике понимаются такие микрообъекты, которые взаимодействуют как единое целое во всех известных процессах и не состоят из других известных ныне частиц и полей. В настоящее время установлено существование примерно 30 разновидностей частиц: фотоны, нейтрино, электроны, позитроны, мезоны различных масс, протоны, нейтроны и гипероны. Почти каждой из известных частиц соответствует определенная античастица, отличающаяся от первой знаком электрического заряда или магнитного момента. Большинство известных частиц являются неустойчивыми. Возникнув при взаимодействиях большой энергии, они вскоре распадаются на частицы меньшей массы, которые в свою очередь превращаются в стабильные микрообъекты. Так, например, гипероны распадаются на протоны, нейтроны и мезоны; мезоны с большей массой распадаются на мезоны меньших масс, а последние в свою очередь превращаются в электроны, позитроны и нейтрино. Из устойчивых частиц следует назвать прежде всего фотоны, нейтрино, электроны, протоны и нейтроны (в атомных ядрах). При отсутствии обычных форм вещества стабильно могут существовать также позитроны, антипротоны и антинейтроны.

Элементарные частицы обладают многообразными

[1] *В. И. Ленин*, Соч., т. 38, стр. 251.

свойствами: массой, спином или собственным вращательным моментом, определенной четностью и др. Некоторые частицы обладают также положительным или отрицательным электрическим зарядом и соответствующим магнитным моментом. Каждая из частиц неразрывно связана с различными полями — электромагнитным, гравитационным и др., постоянно взаимодействует с ними, в результате чего возможно изменение свойств частиц. Неразрывная взаимосвязь частиц и полей, многообразие их свойств и возможность универсальных превращений убедительно говорят о том, что элементарные частицы не являются последними и абсолютно простыми элементами материи, а обладают очень сложной структурой. В настоящее время уже предпринимаются первые попытки проникнуть в эту структуру. Так, опыты по рассеянию электронов большой энергии на ядрах атомов водорода показали, что протон вовсе не является бесструктурным заряженным шариком, а представляет собой весьма сложное образование, в центре которого имеется плотное «ядро», окруженное облаком положительно заряженных пи-мезонов.

Наличие у микрочастиц структуры ставит вопрос о степени их взаимной сложности по отношению друг к другу. Выяснение данного вопроса явилось бы важной ступенью на пути решения проблемы развития в области элементарных частиц. Какое же из свойств частиц можно взять в качестве меры их относительной сложности? К основным свойствам частиц относятся спин, масса, собственная энергия, магнитный момент, четность, принадлежность к определенному типу статистики и др. Некоторые разновидности частиц обладают также электрическим зарядом. Очевидно, далеко не всякое из этих свойств может служить мерой относительной сложности. Нельзя, например, считать такой мерой электрический заряд, поскольку у всех заряженных частиц имеется одинаковый по абсолютной величине заряд, а нейтральные частицы не обладают зарядом. Это же относится к спину и вытекающему из него типу статистики, к магнитному моменту и четности, которые могут быть одинаковы для совершенно разнородных частиц.

Из всех свойств лишь собственная масса неодинакова для различных частиц и неуклонно возрастает по мере перехода от электронов к мезонам, нуклонам и

гиперонам. В связи с этим естественно предположить, что, может быть, именно масса частиц является мерой их относительной сложности в сравнении друг с другом. Данное предположение не противоречит наблюдаемым фактам, а, напротив, вполне согласуется с ними. Во всех микропроцессах частицы с большей собственной массой и кинетической энергией распадаются на частицы с меньшей массой: гипероны распадаются на нуклоны и мезоны, тяжелые мезоны — на легкие, а последние — на электроны, позитроны и нейтрино. Правда, известны случаи, когда частицы с малой собственной массой порождают частицы с большей массой. Например, пи-мезон достаточно большой энергии может при прохождении в веществе породить каскад тяжелых частиц. Но подобные случаи не противоречат сказанному. Во-первых, тяжелые частицы возникают здесь не только за счет легких, а в результате взаимодействия последних с атомными ядрами или другими частицами. Во-вторых, необходимо учитывать, что частица большой энергии обладает и соответственно большей массой, поскольку масса и энергия неразрывно связаны между собой по закону $E = MC^2$.

В некоторых случаях, однако, удобнее оперировать не с понятием массы, а с понятием собственной энергии частиц. Это обусловлено тем, что масса существует не в одной какой-то единой форме, а по крайней мере в трех проявлениях: в виде массы покоя частиц, дополнительной массы, обусловленной приростом скорости по формуле $m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ (где m — масса тела в состоянии движения, m_0 — масса покоя, v — скорость тела, c — скорость света), и, наконец, в виде массы движения, присущей фотонам: $m = \frac{h\nu}{c^2}$ (где h — постоянная Планка, ν — частота колебаний фотона). При рассмотрении взаимодействий элементарных частиц зачастую неудобно бывает говорить сразу о всех этих трех проявлениях массы, употребляя при этом один термин «масса», а удобнее вместо этого употреблять понятие энергии, которое охватывает и собственную энергию, присущую частицам по закону $E = MC^2$, и их кинетическую энергию. Это, конечно, не значит, что масса и энергия тождественны между собой. Они являются различными свойствами материи. Если масса выступает как мера инерции и гравитационных связей тел, то энергия представляет собой количественную меру движения, выражающуюся в способности материальной системы производить работу. Но, согласно закону $E = MC^2$, энергия может рассматриваться в виде *количественного* эквивалента массы во всех превращениях микрочастиц. С учетом сказанного мерой относительной сложности микрочастиц целесообразно считать всю их полную энергию.

Данное предположение полностью соответствует современным теоретическим представлениям и экспериментальным фактам. Во всех микропроцессах превращения возможны лишь по линии перехода от частиц с большей собственной и кинетической энергией к частицам с меньшей энергией. Обратное же превращение невозможно, поскольку оно противоречило бы закону сохранения энергии. Исходные частицы по некоторым своим свойствам сложнее, чем продукты их распада, и так как первые и вторые различаются между собой прежде всего по присущей им энергии, то величину этой энергии естественно рассматривать в качестве одной из важнейших мер относительной сложности частиц.

Такое понимание энергии подтверждается не только процессами превращения частиц, но также и другими фактами. С возрастанием энергии намного увеличивается число степеней свободы каждой частицы, становятся все более сложными и многообразными ее внутренние и внешние связи. Это находит свое выражение в изменении характера взаимодействия частицы с внешним полем. Например, электроны, движущиеся с околосветовыми скоростями, способны интенсивно излучать кванты электромагнитного поля (эффект «светящегося» электрона). С увеличением энергии движения возрастает масса частиц, изменяется ритмика протекающих в них процессов, усложняются их пространственно-временные связи с другими телами.

Идея о зависимости степени сложности частиц от величины их полной энергии согласуется и с положением диалектического материализма о неразрывности материи и энергии. Согласно закону пропорциональности массы и энергии, энергия представляет собой внутрен-

нее свойство всех материальных объектов. Полная энергия $E = MC^2$, свойственная телу,— это та энергия, которой обладали бы кванты электромагнитного поля, если бы все вещественные частицы данного тела удалось превратить в излучение.

Легко подсчитать, что при превращении в излучение 1 *г* вещества выделилась бы энергия $9 \cdot 10^{20}$ эргов, которой было бы достаточно для нагревания 200 тыс. *т* воды от 0 до 100° С. Но в большинстве микропроцессов в излучение превращается лишь незначительная часть вещества, и поэтому в активной форме высвобождается лишь меньшая часть всей энергии, внутренне присущей телам. Остальная же энергия остается в пассивном или связанном состоянии, в виде некоторой *возможности*, характеризующей способность материи к самым различным превращениям. Эта возможность превращается в действительность по мере создания больших давлений, температур и других физических условий, необходимых для протекания интенсивных ядерных реакций. При этом, чем больше величина собственной энергии, присущей микрообъектам, тем больше множество их возможных внутренних превращений и соответственно этому тем более значительной будет работа, совершенная за счет этих превращений. Например, заряженным гиперонам присуще гораздо большее множество внутренних превращений, нежели электронам, поскольку электрон возникает в качестве *одного* из продуктов распада гиперона, который порождает при распаде и другие микрообъекты.

Но множество возможных превращений всегда является важнейшим показателем относительной сложности объекта, так как оно характеризует различные потенции, заключенные в теле. Учитывая, что величина этого множества зависит от значения энергии, мы снова приходим к выводу, что полная энергия частиц является важнейшим критерием степени их сложности в отношении друг к другу.

Из сказанного вытекает, что степень относительной внутренней сложности не является некоторой совершенно неизменной характеристикой частиц, а способна меняться в зависимости от типа их связей и скорости движения. Например, электрон малой энергии менее сложен, чем пи-мезон, поскольку он является лишь одним из продуктов распада пи-мезона и обладает меньшим множеством возможных внутренних превращений. Однако если энергия электрона увеличивается и превышает 500 млн. электроновольт, то множество его внутренних превращений, или степеней свободы, становится больше, чем у мезона, и электрон может породить мезон при прохождении вблизи атомного ядра. То же самое относится и к другим частицам. В этой изменчивости степени относительной сложности в зависимости от энергии взаимодействия заключается одно из важнейших отличий элементарных частиц от макроскопических тел, степень сложности которых является довольно стабильной характеристикой.

Необходимо заметить в связи с этим, что относительная внутренняя сложность может выражаться у микрочастиц не только в величине энергии, но и в других свойствах, которые могут быть в дальнейшем открыты. В атомах и молекулах существует не одно, а несколько свойств, которые могут служить критерием их относительной сложности. Очевидно, то же самое относится и к элементарным частицам.

Далее, факт возрастания множества внутренних возможных превращений с увеличением энергии частиц приводит к выводу о том, что с уменьшением энергии это множество должно суживаться, а структурная организация микрообъектов становится более простой. Последние исследования в области микроявлений показывают, что эта закономерность действительно имеет место. Наименьшим значением энергии обладают среди известных форм материи так называемые вакуумные поля, которые являются, очевидно, относительно более простыми образованиями, чем элементарные частицы.

Согласно современной теории, каждому типу частиц соответствует определенное поле, квантами которого они являются. Например, фотоны выступают как кванты электромагнитного поля, электроны и позитроны — как кванты электронно-позитронного поля, мезоны — как кванты мезонных полей и т. д. Различные микрочастицы рассматриваются как возбужденные состояния соответствующих полей. Каждое из этих состояний характеризуется определенным значением собственной энергии, соответствующей массе покоя частицы.

Но кроме этих состояний существуют еще особые невозбужденные состояния полей, которые и получили название вакуумных. В вакуумных состояниях поле существует не в виде квантов, а в виде некоторой непрерывной сущности, сплошь «заполняющей» пространство. Точнее, само пространство выступает как выражение протяженности полей и частиц.

Вакуумные поля обладают некоторым минимальным значением собственной энергии, которая для отдельных «колебаний» поля стремится к нулю. Но вместе с тем вакуумные поля постоянно взаимодействуют с частицами, вызывая изменение их свойств — массы, заряда, магнитного момента и др.

Между вакуумными и возбужденными состояниями полей не существует непроходимой грани, и первые могут превращаться в последние в случае поглощения полем достаточно большой энергии. Например, при поглощении вблизи атомного ядра фотона большой энергии возникает пара частиц — электрон и позитрон. Электронно-позитронное поле переходит здесь из вакуумного состояния, в котором общее число частиц равно нулю, в возбужденное, характеризующееся конечным числом электронов и позитронов. Аналогичным образом с увеличением энергии фотонов возможно порождение мезонных пар и других частиц и античастиц. Данные явления доказывают, что вакуумные поля являются относительно более простыми формами материи, нежели элементарные частицы, представляющие собой возбужденные состояния полей. Поскольку первые отличаются от последних значением собственной энергии, то мы снова можем видеть здесь справедливость рассмотренного выше понимания энергии как меры относительной сложности микрообъектов.

Следует заметить, однако, что установление зависимости степени сложности от величины энергии само по себе еще не решает проблему развития в области элементарных частиц, хотя и является первым необходимым шагом на пути решения данной проблемы. Поскольку в настоящее время еще не раскрыта структура элементарных частиц, то невозможно указать те микрообъекты, которые могут предшествовать элементарным частицам в историческом развитии материи в определенных областях пространства. В частности, нельзя

утверждать, что такими микрообъектами являются вакуумные поля, хотя они и сравнительно менее сложны, чем элементарные частицы. Вполне возможно, что данные поля настолько неотделимы от частиц, что не могут существовать сами по себе и возникают совместно с частицами из некоторой более элементарной «праматерии».

Существенным вкладом в решение рассматриваемой проблемы могут быть работы Гейзенберга и других ученых по созданию единой нелинейной теории поля. Основная идея данной теории заключается в том, что все известные разновидности элементарных частиц представляют собой различные комбинации некоторой «праматерии», которая может существовать в двух разновидностях. Одна из них обладает полуцелым значением спина и подчиняется статистике Ферми, тогда как другая — целочисленным значением спина и подчиняется статистике Бозе. Гейзенберг выдвинул задачу создать единое уравнение для данной «праматерии», из которого можно было бы вывести основные типы элементарных частиц, их свойства и характер взаимодействий. Опубликованные им работы показывают, что уже достигнут существенный прогресс в решении данной задачи [1], хотя вместе с тем выявились и новые, чрезвычайно существенные трудности.

Если основная идея нелинейной теории поля о существовании «праматерии» или некоторого субквантового поля верна, то в сравнительно недалеком будущем, возможно, удастся выяснить те более простые микрообъекты, из которых могут возникать сами элементарные частицы, и тогда идея развития может быть конкретно сформулирована применительно и к данным формам материи.

При этом необходимо снова подчеркнуть, что об историческом возникновении элементарных частиц можно говорить лишь применительно к ограниченным областям пространства, но не ко всей бесконечной вселенной в целом. В мире в целом в каждый данный момент времени могут существовать любые, сколько угодно сложные, виды материи, и если в одних областях происходит возникновение элементарных частиц из некоторых более

[1] См. перевод доклада Гейзенберга к 100-летию со дня рождения М. Планка «Открытие Планка и основные философские вопросы учения об атомах», «Вопросы философии» № 11, 1958.

простых видов материи, то в других областях может происходить распад сложных тел на данные микрообъекты. Оба процесса усложнения и распада составляют внутреннее содержание бесконечного развития вселенной, которое выступает как единство противоположностей. Применительно к миру в целом можно говорить не о бесконечном поступательном развитии по направлению ко все более сложным формам, а о бесконечном необратимом изменении, смысл которого будет раскрыт в дальнейшем.

Итак, усложнение в области элементарных частиц (безотносительно к тому, как они возникают) должно быть связано с возрастанием присущей им собственной энергии и массы. Подобное возрастание означает расширение множества возможных внутренних превращений микрочастиц, а расширение сферы возможности является общей закономерностью развития, которая действует во всех случаях перехода от низшего к высшему.

Рассмотрим теперь, каким образом происходит развитие микрообъектов начиная с уровня элементарных частиц. Взаимодействие микрочастиц через различные поля приводит к объединению их в более сложные системы — атомные ядра, атомы, молекулы и макроскопические тела. Это объединение представляет собой естественный и закономерный результат самого существования частиц, и его осуществление зависит исключительно от наличия благоприятных условий. Действительно, существовать для любого тела — это значит находиться в движении, в процессе взаимодействия с другими телами. О теле, которое ни с чем не взаимодействовало бы, никак не проявляло бы своего существования, следовательно, ничего нельзя было бы и сказать. Оно не обладало бы никакой структурной организацией, поскольку всякая структура представляет собой определенный тип внутренних связей, а их у невзаимодействующего тела не может быть. Данное тело не имело бы и никаких свойств, ибо всякое свойство представляет собой результат внутренних и внешних связей тела. Но тело без свойств и структурной организации, никак и ничем не обнаруживающее своего существования,— это пустая абстракция, которой ничто не соответствует в действительности. Всякое же реально существующее тело обязательно обладает многообразными внутренними и

внешними связями. Существовать — значит взаимодействовать, находиться в движении, и поэтому движение есть способ существования материи.

Но взаимодействие — это не только непосредственное столкновение тел, но и силовое воздействие их друг на друга через различные поля. Данное воздействие всегда проявляется либо как взаимное притяжение, либо как отталкивание тел. Наличие этих противоположно направленных сил является необходимым условием для объединения микрочастиц и макроскопических тел в более сложные системы. Тем самым становится очевидным, что *тенденция к саморазвитию*, к самопроизвольному образованию более сложных тел из менее сложных не является чем-то внешним по отношению к материи, *а представляет собой ее внутренний атрибут, органически вытекающий из самого факта ее существования.* Следовательно, нет нужды искать каких-то внешних, посторонних источников развития материи, они заключены в ней самой, в реальном процессе взаимодействия материальных объектов. Осознание этого факта коренным образом отличает диалектическую концепцию развития от метафизической, которая усматривает источник развития в каких-то внешних по отношению к материи силах, прибегая тем самым к признанию сверхъестественных существ.

При объединении элементарных частиц в атомы и молекулы решающая роль принадлежит ядерным и электромагнитным силам, а при объединении макроскопических тел в сложные системы — гравитационным силам. Данные силы неравноценны по величине соответствующей им энергии связи. Например, электрические силы притяжения между протоном и электроном в 10^{40} раз больше гравитационных, а ядерные силы в свою очередь намного больше электромагнитных. Вследствие этого данные силы играют различную роль при образовании из элементарных частиц более сложных систем. Наибольшая энергия требуется для объединения одинаково заряженных протонов в атомные ядра. Но, как только такое объединение произошло, ядерные силы перестают играть существенную роль в дальнейшем усложнении материи. Это обусловлено тем, что ядерные силы имеют очень малый радиус действия, порядка 10^{-13} *см*, и дальнейшее образование на основе ядер

атомов и молекул зависит уже не от ядерных, а в основном от электромагнитных сил. Они обеспечивают связь между электронами и ядром в атоме, между атомами в молекулах, а также между самими молекулами в макроскопических телах. Что касается гравитационных сил, то они начинают играть значительную роль лишь при достаточно больших массах тел, особенно в масштабах космоса.

Различным является также характер усложнения связей, соответствующих каждому роду сил. В атомных ядрах связи между протонами и нейтронами, переносимые полем ядерных сил, усложняются лишь до известного предела, поскольку существует верхняя граница периодической системы элементов, и начиная с некоторого массового числа ядра дальнейшее возрастание количества нуклонов в ядре становится энергетически невозможным. В отличие от этого электромагнитные связи частиц способны усложняться практически неограниченно. Молекулы высокополимерных соединений и белковых тел могут состоять из десятков тысяч атомов, и все эти атомы связаны между собой электромагнитными силами. Кроме того, электромагнитные связи существуют между частицами, входящими в состав разных молекул и даже разных тел, достаточно удаленных друг от друга. Точно так же возможно неограниченное усложнение гравитационных связей между телами в различных материальных системах.

Каковы физические условия, необходимые для образования из микрочастиц и макроскопических тел систем более высокого порядка? Всякая система может возникнуть и существовать в устойчивом виде лишь в том случае, если энергия связи между ее составными элементами будет больше суммарной кинетической энергии движения этих элементов плюс энергии внешних воздействий. Соблюдение этого условия является критерием устойчивости всякой физической системы.

Однако конкретные пути и возможности образования систем могут быть различными, в зависимости от характера действующих сил. Электромагнитные и гравитационные силы имеют практически неограниченный радиус действия, и поэтому естественное образование систем более высокого порядка из частиц и макроскопических тел происходит во всех тех случаях, когда соблюдается указанный выше критерий устойчивости.

Совершенно иначе обстоит дело в случае объединения протонов и нейтронов в атомные ядра. Ядерные силы имеют очень малый радиус действия, порядка 10^{-13} *см*, и поэтому нуклоны не могут объединиться в ядро, если расстояние между ними превышает данную величину. Тогда между одинаково заряженными протонами будут действовать очень мощные силы электрического отталкивания, которые будут стремиться удалить протоны друг от друга на возможно большее расстояние. Для того чтобы протоны смогли объединиться в ядро, они должны преодолеть электрические силы отталкивания и сблизиться друг с другом до расстояния порядка 10^{-13} *см* Это значит, что они должны преодолеть некоторый высокий потенциальный барьер.

Образование атомных ядер представляет собой самый главный и наиболее трудно осуществимый процесс, необходимый для объединения микрочастиц в более сложные системы. В дальнейшем образование атомов, молекул и сложных тел происходит гораздо более легким способом, поскольку здесь действуют лишь электромагнитные и гравитационные силы, а для образования системы на основе действия данных сил составным элементам системы не нужно преодолевать какой-либо потенциальный барьер. Важно лишь, чтобы энергия связи между элементами превысила их суммарную кинетическую энергию движения и энергию внешних воздействий, стремящихся разрушить систему. С практической стороны атомные ядра довольно легко присоединяют электроны, образуя тем самым атомы. При отсутствии высоких температур атомы легко объединяются в молекулы, последние — в макроскопические тела и т. д.

Таким образом, главное препятствие, которое необходимо преодолеть на пути развития материи на основе элементарных частиц,— это трудность создания физических условий для синтеза атомных ядер. Каждый из протонов должен обладать энергией порядка 10—15 млн. электроновольт, для того чтобы он мог преодолеть потенциальный барьер и войти в область действия ядерных сил. Этой энергии соответствует очень высокая температура среды — в десятки миллионов градусов. Каковы же конкретно те физические условия, которые необходимы для синтеза различных атомных ядер?

§ 4. Проблема образования химических элементов

Синтез атомных ядер представляет собой процесс образования одних химических элементов из других или просто из элементарных частиц. В окружающей нас области вселенной известно два процесса, которые могут вызвать синтез элементов. Во-первых, это взаимодействия космических лучей с атомными ядрами различных веществ, рассеянных в космосе, и, во-вторых, ядерные реакции в звездах, обусловливающие выделение звездами энергии.

Первичные космические лучи состоят в основном из протонов и легких атомных ядер, обладающих энергией от 10^8 до 10^{18} электроновольт. По современным воззрениям, космические лучи возникают в результате ядерных реакций в звездах и ускоряются затем в электромагнитных полях звезд и туманностей. Поскольку космические частицы приходят на Землю равномерно со всех направлений, то можно полагать, что их плотность в мировом пространстве в среднем одинакова.

Протоны и альфа-частицы достаточно большой энергии способны преодолеть электрические силы отталкивания и вступить в непосредственное взаимодействие с другими протонами или атомными ядрами. При этом возможны следующие процессы: 1) упругое рассеяние протоном (или ядром) налетающей частицы, 2) поглощение ее с образованием более сложного ядра, 3) частичное или полное расщепление ядра налетающей частицей. Второй процесс представляет собой как раз интересующую нас реакцию синтеза более сложных элементов. Он неоднократно наблюдался в космических лучах, а также при рассеянии на атомных ядрах частиц большой энергии, искусственно полученных в ускорителях. Поэтому в природе определенная часть ядер возникает именно этим способом. Однако опыты и теоретические расчеты показывают, что данный процесс обладает сравнительно малой вероятностью и с гораздо большей вероятностью происходит взаимодействие типа первого и третьего. Для поглощения протонов атомными ядрами необходимо, чтобы налетающий протон обладал вполне определенной, так называемой резонансной энергией, равной примерно 10—15 миллионам электроновольт. Протоны меньшей энергии будут рассеиваться кулоновскими силами, при

большей энергии они могут вызвать частичное или полное расщепление ядра. Следовательно, из всего спектра космических лучей лишь очень небольшая группа частиц может быть поглощена ядрами.

Однако даже при взаимодействии частиц данной группы далеко не каждая реакция может привести к образованию устойчивого более сложного ядра. В большинстве случаев возникающие ядра радиоактивны и вскоре распадаются, излучая нейтроны, электроны и другие частицы и превращаясь после этого в менее сложные ядра. Следует отметить, что из всех атомных ядер ядра водорода и гелия характеризуются наименьшей способностью поглощать другие частицы с образованием устойчивых более сложных ядер. Между тем именно гелий и водород обладают наибольшей распространенностью из всех элементов, так как на их долю приходится более 99% массы всех звезд и туманностей. Учитывая все это, необходимо признать, что космические лучи не могут быть главным фактором, обеспечивающим образование химических элементов. С большей вероятностью взаимодействие космических лучей с атомными ядрами будет приводить либо к расщеплению последних, либо к рассеянию частиц ядрами.

Для объяснения происхождения химических элементов необходимо обратиться ко второй группе процессов — к ядерным реакциям в звездах. Современные астрофизические данные действительно убеждают в том, что ядерные реакции в звездах связаны с синтезом более сложных элементов из водорода. Этот синтез может протекать в различных формах — в зависимости от физических условий в звездах. В настоящее время известно несколько классов звезд, различающихся между собой по своей массе, температуре, спектральным характеристикам и внутреннему строению.

Все звезды подразделяются на стационарные и нестационарные. К стационарным относятся те звезды, эволюция которых протекает в относительно спокойных формах, при постепенном изменении термодинамических параметров. В их недрах происходят главным образом равновесные процессы. К звездам такого типа относится, например, наше Солнце.

Нестационарные звезды характеризуются, напротив, резко неравновесными процессами, при которых основ-

ные термодинамические параметры и физические условия изменяются скачкообразно и внезапно. К нестационарным звездам относятся все новые и сверхновые звезды, внезапно увеличивающие свою светимость в тысячи и миллиарды раз.

Возможно, что между этими двумя группами звезд нет резкой грани и стационарные звезды могут перейти в состояние нестационарных и наоборот. В плане рассматриваемой проблемы важно подчеркнуть, что синтез элементов должен протекать в двух данных группах звезд по-разному. Мы рассмотрим сначала возможность образования элементов в равновесных процессах, протекающих в стационарных звездах.

Согласно современным взглядам, основным источником звездной энергии являются термоядерные реакции превращения водорода в гелий. При соединении протонов и нейтронов в ядра гелия некоторая часть массы покоя нуклонов превращается в массу излучения и в дополнительную массу возникающих продуктов распада. Этой массе соответствует очень большая энергия, которая и выделяется звездами в ходе их эволюции. Для того чтобы термоядерная реакция стала возможной, необходимо сблизить между собой большое количество протонов и нейтронов до области действия ядерных сил, с тем чтобы нуклоны вступили в непосредственное ядерное взаимодействие между собой и произошло их слияние в более сложные ядра. В водородной бомбе это сближение нуклонов достигается за счет взрыва «запальной» урановой или плутониевой бомбы. В недрах звезд сближение частиц оказывается возможным в результате действия огромных сил давления со стороны периферии на центральные области звезды.

В обоих случаях в результате ядерного взаимодействия нуклонов становится возможным синтез ядер гелия и выделение большой энергии. Но если в водородной бомбе термоядерная реакция ведет к взрыву и последующему разлету продуктов реакции, то в недрах стационарных звезд она протекает устойчиво. Взрыву и разлету продуктов реакции здесь препятствует колоссальное давление со стороны периферических областей на центр звезды, обусловленное действием гравитационных сил. В результате этого вся система оказывается в состоянии динамического равновесия. Но это равновесие

относительно и иногда нарушается. В некоторых случаях начинают преобладать силы лучевого давления, направленные вовне, и тогда из периферических областей звезды вырываются огромные массы газов, которые при скорости в тысячу и более километров в секунду способны преодолеть действие гравитационных сил звезд и улететь в мировое пространство.

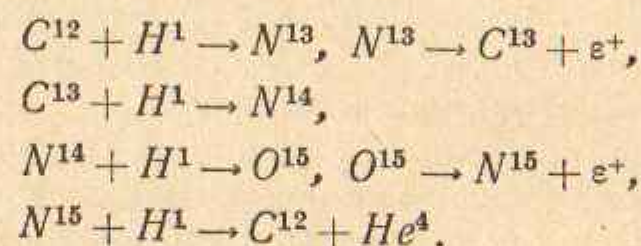
В других же случаях начинают преобладать силы тяготения, и тогда происходит некоторое сжатие звезды. Но оно сопровождается повышением внутренней температуры и более интенсивным ходом ядерных реакций. В результате этого увеличиваются силы лучевого давления, и динамическое равновесие между притяжением и отталкиванием устанавливается снова.

Термоядерные реакции в стационарных звездах могут протекать различными способами. В современной теории допускается три основных пути, соответствующих трем различным стадиям эволюции звезды. На первой стадии, когда звезда только возникла из газо-пылевого облака и в ее центре имеется температура порядка 20 млн. градусов, превращение водорода в гелий происходит при участии легких элементов. Протоны соединяются с ядрами лития, бериллия, бора, и в конечном счете в результате всех этих реакций возникают ядра гелия. Легкие металлы «выгорают» в таких реакциях, причем время «выгорания» равно в среднем нескольким сотням лет, т. е. очень мало по сравнению с общей продолжительностью существования звезды.

По мере израсходования легких металлов преобладающей становится так называемая протон-протонная реакция, которая происходит следующим образом. При взаимодействии протонов возникают дейтроны; они соединяются снова с протонами и образуют ядра He^3; соединение двух ядер He^3 дает He^4 с образованием двух избыточных нейтронов. Поскольку масса покоя He^4 меньше суммарной массы четырех нуклонов, то в ходе всех этих процессов некоторая часть вещества переходит в излучение и выделяется большое количество энергии, вследствие чего внутренние области звезды разогреваются до 50 млн. градусов.

С дальнейшим развитием звезды превращение водорода в гелий происходит третьим путем, а именно при участии углерода. В углеродном цикле, впервые обосно-

ванном Бете, происходит последовательное соединение протонов с ядрами углерода C^{12} и C^{13}, в результате чего возникают ядра азота. Соединение последних с протонами ведет к образованию ядра кислорода O^{15}, которое распадается на ядро азота N^{15} и позитрон. Затем происходит взаимодействие N^{15} с протоном, и возникшее ядро сразу же распадается на C^{12} и He^4. Таким образом, углерод в этом цикле выполняет функцию катализатора реакции, водород же постепенно превращается в гелий. Схематически эту реакцию можно изобразить следующим образом [1]:



$$C^{12}+H^1\rightarrow N^{13},\ N^{13}\rightarrow C^{13}+\varepsilon^+,$$
$$C^{13}+H^1\rightarrow N^{14},$$
$$N^{14}+H^1\rightarrow O^{15},\ O^{15}\rightarrow N^{15}+\varepsilon^+,$$
$$N^{15}+H^1\rightarrow C^{12}+He^4.$$

Каждая из этих фаз протекает в очень длительный период времени — от тысячелетий до десятков миллионов лет, что обеспечивает постепенность выделения энергии. В этом процессе общее количество углерода остается постоянным — углерод выполняет функцию катализатора,— водород же постепенно превращается в гелий.

Углеродный цикл обеспечивает количество энергии, необходимое для звезд главной последовательности, вплоть до звезд, светимость которых равна примерно светимости Солнца. Если же светимость звезды еще меньше, то углеродный цикл в ней не может быть главным источником выделения энергии, а таковым становится протон-протонный цикл. Поскольку светимость и температура звезды являются функцией ее массы, можно видеть, что преобладание того или иного цикла зависит от величины массы. В звездах массивнее Солнца, имеющих обширное конвективное ядро, выделение энергии происходит в основном через углеродный цикл, а в менее массивных звездах, где конвективное ядро незначительно или совсем отсутствует, выделение энергии обусловлено главным образом протон-протонными реак-

[1] Сборник докладов «Ядерные процессы в звездах», Изд-во иностранной литературы, 1957, стр. 64.

циями. В самом Солнце и подобных ему звездах имеются оба данных цикла, хотя последние исследования показывают, что главная часть солнечной энергии выделяется за счет протон-протонных реакций [1].

В результате ядерных реакций в недрах звезд выделяется большое количество нейтронов. Эти нейтроны захватываются атомными ядрами, в силу чего образуются новые элементы, подобно тому как в ядерных реакторах образуется плутоний из урана-238. Наличие синтеза элементов в результате захвата нейтронов подтверждается рядом наблюдений. Наиболее интересным фактом является открытие в спектрах некоторых звезд, в том числе Солнца, элемента технеция с атомным номером 43 [2]. Технеций является нестабильным элементом, его наиболее долгоживущий изотоп имеет период полураспада 94 тыс. лет, что значительно меньше возраста звезд. Следовательно, данный элемент был синтезирован в процессе эволюции звезды.

Однако следует отметить, что элементы с атомным весом выше среднего, а тем более тяжелые, уже не могут образоваться в равновесных условиях в звездах при температуре порядка 20—50 млн. градусов. Захват нейтронов ядрами в этом случае будет сопровождаться вылетом альфа-частиц, т. е. обратным распадом ядер. Не могут также возникать термоядерные реакции на основе элементов, более тяжелых, чем водород, скажем азота и кислорода. Чтобы была возможной термоядерная реакция на основе средних элементов, необходима температура порядка 10^9—10^{10} градусов, которая не достижима ни при каких равновесных условиях. Система с такой температурой будет неустойчивой и очень быстро распадется. Подобная температура может возникнуть лишь в особых, неравновесных условиях, например в недрах сверхновых звезд во время их вспышек. В связи с этим логично предположить, что образование средних и тяжелых элементов происходит именно во время таких вспышек. Подобная гипотеза не содержит в себе ничего противоестественного.

Сверхновые вспыхивают в Галактике один раз в 200—300 лет, и если считать время существования

[1] Сборник докладов «Ядерные процессы в звездах», стр. 61—70.
[2] Там же, стр. 362.

Галактики равным по меньшей мере 7—10 млрд. лет, то за это время должно было вспыхнуть не менее 20 млн. сверхновых, если только вспышки происходили в течение всего этого времени. Такое количество вспышек может быть достаточным для обеспечения наблюдаемой концентрации средних и тяжелых элементов. Синтез элементов в этом случае может происходить в очень короткий промежуток времени до и после вспышки, когда в центре сверхновой возникает огромная температура и плотность вещества, достигающая, по-видимому, 10^{12} *г/см*^{3}. При этом освобождается большое количество нейтронов, которые идут на образование элементов. Возникшие элементы выбрасываются в пространство как в процессе вспышки, так и в период последующей эволюции той звезды, которая остается после взрыва сверхновой. Поэтому звезды «второго поколения», образующиеся из диффузного вещества, возникают на основе уже имеющегося запаса элементов. Этим можно объяснить то, что в атмосферах некоторых звезд позднего спектрального класса можно наблюдать линии тяжелых элементов, которые не могли образоваться в равновесных условиях внутри звезды.

В зарубежной литературе распространена другая теория образования элементов, выдвинутая в 1948 г. американскими физиками Альфером, Бете и Гамовым. Эта теория связывает образование элементов с так называемым «расширением вселенной».

Уже давно было обнаружено, что спектральные линии всех внегалактических туманностей смещены в красную сторону, причем величина смещения тем больше, чем дальше находится галактика. Красное смещение в настоящее время рассматривается большинством авторов как следствие удаления галактик друг от друга. Предполагается, что в наблюдаемой области бесконечной вселенной происходит фаза расширения, тогда как в других, пограничных областях — фаза сжатия. Если расстояние до галактик поделить на скорость их взаимного удаления, определяемую по величине красного смещения, то время начала расширения будет относиться к периоду в несколько миллиардов лет назад. Это время имеет тот же порядок величины, что и возраст планет и Солнца. В связи с этим некоторые зарубежные ученые и выдвинули гипотезу о том, что несколько миллиардов

лет назад произошел колоссальный взрыв, положивший начало расширяющейся вселенной. Эта гипотеза получила затем откровенно религиозную трактовку «сотворения мира».

Альфер, Бете и Гамов связывают образование элементов с предполагаемым началом расширения, которое они понимают как творение всей вселенной. В качестве исходного материала они принимают некоторую первичную материю, состоящую из нейтронов и излучения. Каким образом она возникла, не указывается, но предполагается, что она существовала считанные минуты, после чего начала интенсивно расширяться в пространстве[1]. В процессе расширения возникли звезды и галактики, которые до сих пор удаляются со скоростью, возрастающей пропорционально расстоянию. Химические элементы образовались в самую начальную фазу расширения, когда нейтроны подвергались свободному распаду и появилось значительное количество протонов. В ходе расширения происходил последовательный захват нейтронов протонами и синтез элементов, вплоть до тяжелых.

Представление о творении вселенной и отрицание вечности ее во времени является глубоко реакционным и несомненно должно быть отброшено. Но, несмотря на это, в рассматриваемой гипотезе имеются некоторые рациональные моменты. Если предположить возможность первоначального взрыва, считая его не актом творения, а отдельной фазой существования Метагалактики, то сама идея синтеза элементов в начальную стадию расширения может рассматриваться как одна из конкурирующих гипотез. Ее верность или неверность может быть определена не априорным путем, а на основе наблюдений и твердо обоснованной космологической теории.

В настоящее время имеются доводы как за, так и против этой гипотезы. К числу доводов за гипотезу можно отнести совпадение возрастов урана, метеоритов, Земли, Солнца, а также предполагаемого начала расширения. Гипотеза дает довольно удовлетворительное объяснение наблюдаемой распространенности многих элементов, за исключением тяжелых. К числу доводов против гипотезы — причем решающих доводов —

[1] *G. Gamow*, The Greation of the Universe, N. Y., 1952.

относится прежде всего то, что не доказан факт первоначального взрыва при расширении Метагалактики, и вполне возможно, что указанные выше совпадения возрастов имеют совсем иную причину. Выдвигаемое некоторыми авторами предположение о том, что причиной расширения Метагалактики может быть взрыв в результате столкновения вещества нашего мира с веществом гипотетического антимира, хотя и не может быть опровергнуто, тем не менее не имеет пока каких-либо достоверных подтверждений. Возможно также, что наблюдаемое красное смещение обусловлено не взаимным удалением галактик друг от друга, а каким-то изменением свойств пространства и времени по мере увеличения масштабов систем. В настоящее время уже разрабатываются подобные гипотезы и есть основания полагать, что в недалеком будущем будут выяснены новые свойства пространства и времени в масштабах Метагалактики, которые прольют новый свет и на проблему красного смещения.

Все эти доводы говорят о том, что гипотеза «расширяющейся вселенной» пока не дает основы для правильного решения проблемы происхождения элементов. Но разработанный ею аппарат и метод может быть использован для анализа возможностей синтеза элементов во время вспышек сверхновых звезд, поскольку в недрах сверхновых звезд возникают условия, близкие к тем, которые имели бы место в начальную стадию расширения Метагалактики, если бы это расширение было вызвано взрывом. Очевидно, гипотеза образования средних и тяжелых элементов в сверхновых покоится на более реальной основе, поскольку она исходит из наблюдаемого факта вспышек и имеет достаточно надежное теоретическое обоснование. Таким образом, образование всех элементов возможно при единстве равновесных и неравновесных процессов. Постепенное эволюционное изменение звезд, связанное с равновесными процессами, ведет к образованию легких элементов, тогда как резкие, скачкообразные изменения, соответствующие неравновесным процессам типа мощных ядерных взрывов, делают возможным синтез средних и тяжелых элементов.

Следует отметить, что далеко не все ядра, которые синтезируются в звездах, являются устойчивыми. В настоящее время известно свыше 800 изотопов, приходящихся на 102 известных химических элемента, причем подавляющее большинство изотопов являются неустойчивыми и распадаются. Это говорит о том, что развитие материи вовсе не является прямолинейным поступательным процессом, а предполагает извилистое движение, отступления к исходным пунктам, пока из различных возникающих структур не образуются такие, которые окажутся достаточно устойчивыми против внутренних и внешних воздействий. Поэтому в критерий более высокоорганизованных форм материи следует включить также признак устойчивости. Из всех ядер наиболее устойчивыми являются те, в которых число протонов ($П$) или число нейтронов ($Н$) ($Н = А - П$, где $А$ — атомный вес) равно одному из следующих чисел: 2, 8, 14, 20, 28, 50, 82, 126[1].

Эти числа получили название «магических». Ядра с данными характеристиками обладают относительно наибольшей распространенностью, и этот факт дает основание предполагать, что они образовались при наличии высокой плотности нейтронов, что как раз соответствует условиям внутри стационарных и нестационарных звезд.

В заключение необходимо отметить, что образование химических элементов характеризует простейшие формы развития в космосе. Эти формы являются преобладающими в общем бытии материи. Но в других условиях, на планетах, имеющих атмосферу, воду и получающих от центрального светила достаточное количество тепла, развитие материи может пойти по направлению к более высоким формам и привести к возникновению жизни и разумных существ. Развитие природы является многоплановым процессом, и каждое направление, выделившееся из некоторого, исторически возникшего, исходного состояния вещества, качественно отличается от других направлений по своим темпам, закономерностям и результатам.

---

[1] *Дж. Блатт* и *В. Вайскопф*, Теоретическая ядерная физика, Изд-во иностранной литературы, 1954, стр. 591.

§ 5. Развитие макроскопических тел

Взаимодействие атомов различных элементов необходимо ведет к объединению их в молекулы различной сложности, а связь молекул друг с другом обусловливает образование макроскопических тел. Развитие в области макромира представляет собой естественное закономерное движение от простейших химических соединений ко все более сложным и высокоорганизованным формам материи. Высшим результатом этого движения является возникновение жизни и разумных существ.

Закономерности развития материи на Земле почти целиком определялись влиянием Солнца и геологической историей Земли. Солнце всегда являлось основным источником всех процессов на Земле, и почти все наблюдаемые здесь формы энергии представляют собой преобразованную солнечную энергию. Исключением является лишь ядерная энергия, выделяющаяся при распаде радиоактивных элементов, урана и плутония в реакторах, а также при синтезе ядер гелия из дейтерия и трития.

Как показывают геологические данные, солнечное излучение на протяжении последних двух миллиардов лет было в общем постоянным и равным по интенсивности тому, которое наблюдается в настоящее время. Колебания в энергии излучения не превосходили нескольких процентов, чему соответствовали, по-видимому, периодические потепления и похолодания в различные геологические эпохи.

Значительно быстрее менялись геологические условия на Земле, и они то и определяли прежде всего основные формы развития. Геологическую эволюцию Земли невозможно понять, не выяснив хотя бы в общих чертах возможные условия образования Земли как планеты. В данной области в настоящее время имеется ряд конкурирующих между собой гипотез, но большинство из них сводится к тому, что Земля и другие планеты образовались в результате гравитационной конденсации газо-пылевого облака, существовавшего когда-то в окрестностях Солнца. В состав этого облака входили все наблюдаемые химические элементы, но преобладающими были соединения типа CO_2, H_2O, CH_4, CN, NH_3 и др., присутствовавшие в виде газов и небольших частиц.

Относительно происхождения данного облака в настоящее время имеются различные точки зрения. О. Ю. Шмидт в своих исследованиях вначале полагал, что данное облако было захвачено Солнцем при одном из его прохождений через темную туманность в плоскости Галактики. Однако, как показало подробное исследование данного предположения, подобный захват имел бы крайне малую вероятность и противоречил бы имеющимся данным о существовании множества планетных систем в Галактике. Гораздо естественней связывать возникновение планет с закономерностями развития самих звезд. В настоящее время большинство советских астрономов считает, что происхождение газо-пылевого облака, послужившего основой для образования планет, явилось одним из следствий образования и развития Солнца или же той группы звезд, в которую когда-то могло входить Солнце. А именно предполагается, что Солнце возникло совместно с некоторыми другими звездами из газо-пылевой туманности, причем на образование звезд пошло не все вещество туманности. Некоторая часть этого вещества затем была рассеяна в пространстве давлением излучения звезд, а другая часть захвачена гравитационным полем каждой звезды. Обладая большими собственными скоростями, полученными при возникновении, звезды затем покинули скопление, а из захваченных газо-пылевых облаков сформировались планетные системы.

О. Ю. Шмидтом и последователями его гипотезы было показано, что эволюция газо-пылевого облака должна была происходить по линии его уплотнения и концентрации в одной плоскости, близкой к плоскости Эклиптики[1]. В дальнейшем в этом облаке образовались более или менее крупные тела, которые служили ядрами гравитационной конденсации вещества. Постепенно происходило увеличение массы образующихся планет, усреднение энергии, моментов количества движения и других свойств сталкивающихся частиц.

---

[1] *О. Ю. Шмидт*, Четыре лекции о теории происхождения Земли, Изд-во АН СССР, 1957.

Разработанная на основе этих представлений гипотеза позволила объяснить почти круговые движения планет, их вращение в одном направлении, компланарность орбит, прямые и обратные движения спутников, а также разделение планет на две группы — на массивные и легкие, существенно различающиеся по химическому составу.

Деление на две группы явилось следствием воздействия на облако со стороны Солнца. Солнечные лучи прогревали облако в непосредственной окрестности Солнца и вызывали испарение частиц льда, метана, аммиака, углекислоты. В более отдаленной области, начиная с орбиты Юпитера, действие солнечных лучей сказывалось в гораздо меньшей степени, и здесь температура была очень низкой. В этих условиях соединения CH_4, H_2O, NH_3, CO_2 могли существовать лишь в твердом виде. Частицы этих соединений постепенно оседали на ядрах гравитационной конденсации, образуя зародыши будущих планет — Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна. С ростом массы этих планет они оказывались в состоянии все в большей степени улавливать легкие газы.

В результате этого, по мнению О. Ю. Шмидта, произошел необратимый процесс обеднения пылевого облака легкими соединениями в ближней окрестности Солнца. Здесь планеты возникли из сравнительно тяжелых соединений кремния, кислорода, железа, никеля и других элементов, тогда как планеты второй группы — Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон,— обладающие в большинстве своем значительно большими массами, оказались состоящими в основном из соединений H_2O, CH_4, CN, CH_3 и CO_2. Этим, очевидно, и объясняется прежде всего сравнительно меньшая распространенность на Земле водорода и гелия.

Дальнейшая эволюция Земли явилась результатом как внешнего влияния со стороны Солнца, так и внутренних сил, действовавших в самой планете. Действие гравитационного поля Земли постепенно приводило к тому, что тяжелые элементы скапливались в центре, составив железо-никелевое ядро. Более легкие соединения кремния, магния, алюминия и других веществ образовали внешние оболочки. Гравитационной дифференциации вещества сопутствовало выделение большого количества тепла, возникшего за счет энергии гравитационного поля Земли. Однако основная часть внутреннего тепла образовалась вследствие распада радиоактивных элементов — урана, тория, полония, радия и др.,— которые содержались уже в первичном газо-пылевом облаке. При этом повышение температуры центральных областей до нескольких тысяч градусов в еще большей степени способствовало гравитационному разделению вещества.

В самый ранний период существования Земли сформировалась земная кора, состоявшая в основном из базальта и гранита. В недрах Земли при больших давлениях и температурах происходили интенсивные химические реакции, приведшие к образованию различных кремниевых и железо-магниевых соединений. В результате этих реакций выделились углекислота, азот и некоторые другие газы, составившие первичную атмосферу. Одновременно с образованием коры возник первичный океан, покрывавший большую часть поверхности планеты. С течением времени количество воды в океанах увеличивалось: вода прибавлялась за счет разложения гидратов в недрах Земли и выхода на поверхность части глубинных вод. Постоянный круговорот воды в течение нескольких миллиардов лет привел к вымыванию из земной коры огромной массы неорганических солей натрия, магния, калия, кальция, йода и других веществ и концентрации их в морях и океанах.

Под действием солнечного света, а, возможно, также и внутреннего тепла Земли в областях интенсивной вулканической деятельности оказалось возможным образование простейших углеводородных соединений, дальнейший синтез которых привел к возникновению живого вещества.

В настоящее время выдвигается ряд гипотез происхождения жизни, но все они еще далеки от того, чтобы дать истинно научную картину этого процесса. В зарубежной литературе распространена гипотеза космического переноса жизни, согласно которой первичные живые организмы были перенесены с других миров действием светового давления. Однако данная гипотеза встречает решительные возражения, поскольку низкая температура мирового пространства, а также космическое и ультрафиолетовое излучения являются совершенно губительным для всех незащищенных спор живых организмов.

Известна также другая гипотеза, согласно которой жизнь возникла в результате разового случайного объединения атомов и молекул в сложную белковую структуру. Последняя оказалась способной к обмену веществ, размножению и явилась источником всей дальнейшей жизни. Данная гипотеза с формальной стороны не противоречит законам природы, поскольку случайные процессы всегда имеются в объективном мире. Однако применительно к возникновению жизни рассматриваемая случайность имела бы исчезающе малую вероятность осуществления. Действительно, свойствами живого может обладать не просто белковая молекула, а целостный организм, типа, например, вируса, состоящий из сотен миллиардов таких молекул. В системе такого рода мы имели бы миллионы миллиардов атомов, объединенных вполне определенным образом. Вероятность случайного объединения атомов в такую систему столь же мала, как, например, вероятность для стаи обезьян, посаженных на неограниченное количество лет за пишущие машинки, выстукать сложный роман в стихах[1]. Но если бы даже подобная белковая структура и возникла случайным образом, то все равно у нее было бы очень мало шансов стать основой жизни. С гораздо большей вероятностью она распалась бы, поскольку для развития жизни требуется достаточно высокий уровень организации материи, какового здесь не предполагается. Если же этот уровень имеется, то возникновение живого оказывается уже не чисто случайным процессом, а закономерным результатом развития материи. И действительно, все увеличивающиеся данные о возможности растительных форм жизни на Марсе убедительно говорят в пользу того, что образование живого вещества является не случайностью, а необходимым закономерным результатом в развитии неорганической природы.

[1] П. Лаберенн в книге «Происхождение миров» (Гос. изд-во техн.-теор. лит-ры., М., 1957, стр. 223) ссылается на французского математика Эмиля Бореля, который произвел расчет такого рода вероятности. Стая «обезьян-машинисток», сменяющихся из поколения в поколение, иногда могла бы выстукивать на машинках слова и фразы, имеющие определенный смысл. Через очень большое количество лет она могла бы в принципе выстукать и законченное литературное произведение. Для того чтобы это сделать, ей потребовалось бы печатать со скоростью квалифицированных машинисток такое количество лет, которое выразилось бы числом в 150 тыс. цифр. Для написания данного числа необходимо было бы примерно 80 страниц книги среднего формата.

Существенный вклад в решение рассматриваемой проблемы внесли труды академика А. И. Опарина[1]. Согласно гипотезе А. И. Опарина, жизнь возникла на основе синтеза углеводорода при участии воды, углекислого газа, аммиака и других соединений, образующихся абиогенным путем. Подобный синтез имел направленный характер и привел в конечном счете к возникновению сложных органических соединений — полинуклеотидов, белковых полипептидов и др. Взаимодействие этих соединений привело к образованию первичных белковых систем, способных к обмену веществ и размножению. В дальнейшем вступил в действие закон естественного отбора, явившийся важнейшим фактором биологической эволюции.

При решении рассматриваемой проблемы невольно возникает вопрос о том, может ли жизнь появляться на основе развития одной только неорганической материи в настоящее время? На этот вопрос необходимо ответить отрицательно. Все существующие на Земле формы жизни возникают либо на основе живого, либо при посредстве живого. Действительно, из одних только неорганических веществ жизнь может возникнуть путем последовательного их усложнения лишь через миллионы лет. Но все области на Земле, где только может возникнуть жизнь, уже заселены в настоящее время различными живыми существами. В 1 *см*³ почвы содержится много миллиардов бактерий, которые существуют также и в любой капле речной или морской воды. Эти живые существа непрерывно перерабатывают все вещество окружающей среды и любое органическое соединение, которое только возникнет в результате развития неорганической материи, будет ассимилировано и переработано живыми организмами задолго до того, как оно само может превратиться в живое вещество. Таким образом, именно всеобщая распространенность жизни в настоящее время делает невозможной ее возникновение на основе одной только неорганической материи. Все живое на Земле возникает лишь благодаря живому, хотя при этом,

[1] *А. И. Опарин,* Возникновение жизни на Земле, Изд-во АН СССР, 1957.

разумеется, используются неорганические вещества окружающей среды.

В некоторых работах высказывается интересная гипотеза о том, что жизнь, как особая форма движения материи, может возникать не только на основе углерода, но и на основе кремния, который также способен давать разветвленные цепи органических соединений[1]. Подобная гипотеза в настоящее время не имеет каких-либо подтверждений, но какой бы странной она нам ни казалась, ее все же нельзя отвергать до тех пор, пока теоретически не будет доказана невозможность подобного явления, ибо вселенная бесконечна и формы движения материи, в том числе высокоорганизованные, могут быть самыми различными — в зависимости от имеющихся физико-химических условий. Нельзя также распространять на всю бесконечную вселенную те специфические законы развития материи, которые установлены на Земле.

Возникновение жизни на Земле явилось качественным скачком, коренным поворотом в развитии материи на поверхности нашей планеты. Под действием живых организмов за время существования жизни в течение 2 млрд. лет произошли коренные изменения в литосфере, гидросфере и в атмосфере Земли. Первичная земная кора в архейскую эру состояла в основном из базальта, гранита и других кристаллических масс. В результате действия живых организмов, солнечной энергии, воды и ветра верхний слой коры толщиной от 5 до 15 *км* был переработан в осадочные породы. Возникли различные конгломераты, пески, окислы, фосфаты, карбонаты, кремнистые, галоидные, сернокислые, битуминозные и другие породы. Продуктом жизнедеятельности организмов явилась также вся почва. В гидросфере в результате жизнедеятельности организмов из воды выделились соединения натрия, магния, кальция, железа и других элементов, которые поглощались организмами, а затем после их гибели откладывались на дне морей и океанов в виде ила, меловых отложений и различных руд.

Огромное влияние живые организмы оказали на формирование и развитие атмосферы Земли. Поглощая

[1] См. *Г. Спенсер Джонс*, Жизнь на других мирах, пер. с англ., Гостехиздат, М.—Л., 1946.

углекислоту, выделявшуюся в ходе тектонических процессов в недрах Земли, растительные организмы разлагали ее в процессе фотосинтеза на углерод и свободный кислород. Запасы углерода отложились в виде значительных залежей угля, нефти, торфа и горючих сланцев, тогда как большое количество кислорода в атмосфере сделало возможным развитие высокоорганизованных форм жизни. Кислород, как очень активный элемент, постоянно поглощался минералами, в результате чего в земной коре непрерывно увеличивалось количество окислов и осадочных пород. Но запасы кислорода в атмосфере постоянно пополнялись за счет жизнедеятельности растений, а, возможно, также за счет расщепления молекул водяного пара на кислород и водород под действием ультрафиолетового излучения Солнца. Последний процесс мог бы обусловливать наличие кислорода в атмосфере и до возникновения жизни на Земле.

Наряду с кислородом живые организмы выделяли также азот. Большая часть азота несомненно имела абиогенное происхождение, поскольку этот газ образуется в результате ряда химических реакций в недрах Земли и выделяется при вулканических извержениях. Однако некоторая часть азота явилась продуктом деятельности живых организмов — денитрофикаторов. Таким образом, мы видим, что распространение биологических форм движения оказало преобразующее влияние и на все процессы в неорганической природе.

Возникновение человеческого общества явилось новым качественным скачком в развитии природы. Появились высшие общественные формы движения материи. Но влияние человека на природу было неодинаковым на протяжении всей его истории. До возникновения цивилизации оно было сравнительно незначительным и существовало целиком в рамках общих биологических факторов, поскольку человек тогда не выделялся существенно из живой природы. Лишь за последние несколько сот лет развития цивилизации влияние человека на природу стало весьма заметным. Большие ирригационные сооружения в южных поясах, очищение от лесов значительных областей суши, создание крупных водохранилищ оказало значительное влияние на изменение климата и влагонакопления в соответствующих районах. Особенно возросло влияние человека на природу в

настоящее время, благодаря бурному развитию промышленности. Оно проявляется во все возрастающей добыче угля, нефти, газа, различных руд, в изменении климата целых географических районов. Развитие ядерной энергетики, в особенности открытие средств промышленного использования термоядерных реакций, позволит коренным образом преобразовать весь облик нашей планеты.

Таким образом, развитие неорганической материи на Земле нельзя понять, рассматривая его в отрыве от процессов в биосфере и в обществе. Будучи высшим продуктом развития неживой природы, биологические и общественные формы движения сами начинают оказывать на нее весьма существенное, подчас определяющее влияние.

§ 6. Развитие космических объектов

Процесс усложнения материи, начиная от микрочастиц и кончая наиболее высокоорганизованными живыми существами, является лишь одной из возможных форм развития материи в космосе. Но в других физических условиях, отличных от земных, развитие материи может протекать и в других формах. Общая закономерность — усложнение связей и видов движения — действует и здесь, однако она приводит к качественно иным результатам. Если принять, что планеты и Солнце образовались наряду с некоторыми другими звездами из первичной газо-пылевой туманности, то, прослеживая эволюцию материи данной туманности, можно видеть, что общий процесс развития, будучи единым вначале, разветвляется затем на множество направлений, каждое из которых приводит к различным результатам. Одно направление будет представлять развитие материи на Земле, другое — на планетах типа Юпитера и Сатурна, мало пригодных для жизни, третье — на Солнце и т. д. Для общего понимания космических процессов наиболее важно проследить формы развития звезд и звездных систем, в которых сосредоточено почти все вещество в окружающей нас области вселенной.

В настоящее время почти общепризнанной является точка зрения, согласно которой звезды возникают из диффузной материи, сконцентрированной в газо-пылевых туманностях. Вещество данных туманностей состоит

в основном из водорода и гелия с небольшой примесью других элементов и простейших соединений типа CH, NH и H_2O. Средняя плотность диффузного вещества в Галактике составляет $2 \cdot 10^{-23}$ *г/см*^{3}, т. е. несколько атомов на кубический сантиметр пространства. Однако размеры диффузных туманностей столь велики, что их масса равна примерно массе всех звезд Галактики. Этот факт имеет большое значение, так как он указывает на постоянный кругооборот вещества звезд и туманностей. Диффузные туманности в общем представляют собой более низкую форму организации материи, нежели звезды. Они состоят в основном из простейших элементов, а если в них и встречаются в небольших количествах средние и тяжелые элементы, то своим возникновением они обязаны исключительно ядерным реакциям в звездах. В диффузных туманностях материя существует в наименее активном состоянии. Собственная энергия материальных объектов, соответствующая их массе покоя, проявляется здесь главным образом в пассивной, связанной форме. Ввиду низкой температуры туманности частицы обладают малыми скоростями и их движение совершенно хаотично.

В отличие от этого в звездах собственная энергия частиц проявляется в активной форме, чему соответствует преобразование части вещества в излучение, а также увеличение кинетической энергии частиц. Благодаря этой энергии на планетах оказываются возможными более высокие формы развития материи и возникновение жизни. Точно так же движение материи в звездах является гораздо более упорядоченным по сравнению с туманностями и направлено по пути синтеза более сложных элементов. Все эти факторы позволяют сделать вывод, что переход от диффузных туманностей к звездам представляет собой восходящую ветвь в развитии материи, которая и определяет важнейшие черты процесса развития.

Схематически возникновение звезд на основе современных данных можно представить следующим образом. Предположим, что имеется некоторое диффузное облако больших размеров — с массой порядка 20 тыс. солнечных масс. Расчеты показывают, что если плотность газа равна 20—30 атомам на 1 *см*^{3}, то облако такого газа будет устойчиво под действием внешних сил и начнет

сжиматься под влиянием сил тяготения. С увеличением плотности до 10^{-20} *г/см*^{3} в диффузном облаке начнут возникать тела размером с астероид, которые станут центрами гравитационной конденсации вещества и постепенно будут увеличиваться в размерах. С ростом этих тел гравитационная конденсация будет протекать все быстрее, и это приведет к увеличению внутренней температуры системы. Возрастание температуры и давления представляет собой необходимое условие для развития термоядерных реакций. Самое большое давление, которое атомы выдерживают, не разрушаясь, составляет примерно 10^7 *кг/см*^{2}. При большем давлении электронные оболочки будут «раздавлены». С дальнейшим увеличением давления и кинетической энергии частиц станут возможными частые сближения атомных ядер. В результате этого протоны и нейтроны вступят в непосредственное взаимодействие между собой и начнется термоядерная реакция. При этом будет выделяться такое большое количество тепла, что относительно холодное тело превратится в интенсивно излучающую звезду. Необходимая критическая масса для начала термоядерных реакций составляет примерно 0,02—0,05 массы Солнца. В этом процессе энергия гравитационного сжатия превращается в теплоту, а затем обусловливает развитие термоядерных реакций. Тем самым еще раз становится очевидным неразрывное единство между гравитационным, электромагнитным и ядерным полями, а также возможность взаимного превращения энергии этих полей.

Возникающие звезды могут обладать самыми различными массами, но их значения будут в пределах 1/50—200 солнечных масс. Тело меньшей массы уже не будет звездой, так как в нем не возникнут ядерные реакции, а в теле с массой более 200 солнечных масс будут столь интенсивные термоядерные реакции, что силы тяготения не смогут удержать в равновесии вещество данной звезды и она распадется на ряд образований меньшей массы. Возможно, что групповое рождение звезд связано с таким превышением «критической» массы. В первичной «протозвезде» с массой в несколько тысяч или сотен солнечных масс создается столь мощное давление излучения из внутренних областей, а также настолько повышается кинетическая энергия частиц, что

внешние слои вещества как бы становятся невесомыми, вследствие чего происходит развал первичной «протозвезды» на ряд тел меньшей массы, которые затем превращаются в звезды. На образование звезд идет сравнительно небольшая часть вещества первоначальной туманности, остальное же вещество рассеивается давлением излучения, с тем чтобы включиться в новый цикл развития в другом месте и в другое время. Весь процесс образования звезды протекает с момента образования плотной туманности в относительно короткий промежуток времени — в течение одного миллиона лет. Однако непосредственно наблюдать этот процесс еще не удавалось, и не столько из-за длительности его по сравнению с человеческой жизнью, сколько из-за того, что, пока звезды не образовались, их еще не видно, когда же они становятся видимыми, процесс образования уже закончился. В. А. Амбарцумян открыл группы звезд, которые, как он полагает, расходятся из общего центра, причем по их скорости можно определить, что расхождение началось несколько миллионов лет назад. Эти группы он назвал ассоциациями. Входящие в них звезды имеют бело-голубой цвет и высокую температуру.

В настоящее время распространено мнение, что звезды образуются из глобул — сферических плотных масс диффузной материи, которые отчетливо наблюдаются на фоне некоторых светлых туманностей. Таким образом, различные данные убедительно говорят в пользу того, что процесс звездообразования продолжается в Галактике и в настоящее время. Несомненно, что это относится также и к другим галактикам.

После образования звезд их эволюция сопровождается излучением энергии, которая уносится различными частицами и полями, а также целыми облаками газов, выбрасываемыми звездой. Вследствие этого уменьшается масса звезды, ее светимость, происходит изменение химического состава и спектральных характеристик. Считается, что большинство звезд эволюционирует вдоль так называемой главной последовательности, с изменением цвета от голубого к белому, затем к желтому и красному. Соответственно происходит понижение температуры поверхности от 25 тыс. до 3 тыс. градусов и меньше. Однако не все звезды принадлежат к главной последовательности. Существует группа

белых и голубых звезд-гигантов и звезд-карликов с высокой плотностью вещества. Их эволюция изучена еще недостаточно. Предполагается, что бело-голубые гиганты при остывании входят в главную последовательность. Возможно также, что белые и красные карлики представляют собой конечные состояния эволюции звезд главной последовательности, которые исчерпали свои запасы водорода и после ряда вспышек сжались до сверхплотного состояния вещества.

Каково конечное состояние звезд в их развитии и существуют ли остывшие звезды? Если верно то, что большинство звезд заканчивает свою эволюцию в виде белых карликов, то в таком состоянии они могут существовать еще очень долго, так как белые карлики расходуют относительно мало энергии. Со временем они должны остыть, но это произойдет лишь после того, как их масса станет ниже критического значения, при котором начинаются термоядерные реакции. Следовательно, остывших звезд, обладающих достаточно большой массой, в природе существовать не может. Если и существуют остывшие тела, то они по своей массе скорее приближаются к планетам, чем к звездам.

Развитие звезд происходит не только как чисто эволюционный процесс, оно часто включает в себя весьма быстрые, скачкообразные изменения состояния. В некоторых звездах скачкообразные изменения происходят регулярно в течение всего наблюдаемого цикла развития. К числу таких звезд относятся, например, цефеиды, период колебания блеска которых в среднем равен нескольким дням.

Наряду с этим имеется многочисленный класс звезд, у которых скачкообразные изменения происходят за гораздо больший промежуток времени, чем у цефеид. Это прежде всего так называемые новые звезды, которые большую часть времени имеют постоянный блеск, но иногда внезапно вспыхивают, и в течение нескольких дней их светимость достигает максимума, после чего происходит ослабление блеска и возвращение звезды в прежнее состояние.

Вспышки звезд иногда могут быть грандиозными по своим масштабам и вызывать коренные преобразования в их структуре. Такими бывают вспышки сверхновых звезд, при которых светимость звезды увеличивается в

миллиарды раз, становясь сравнимой со светимостью всех звезд Галактики. В результате вспышки в пространство выбрасывается значительная часть вещества звезды, а сама звезда переходит в качественно иное состояние и через несколько месяцев ослабевает. Сверхновые вспыхивают в каждой галактике в среднем один раз за 200—300 лет, однако до сих пор еще не удалось сфотографировать ни одну сверхновую до ее вспышки и зафиксировать ее спектр. Поэтому еще не существует достаточно обоснованной теории вспышек сверхновых. Возможно, что они обусловлены термоядерными взрывами в недрах звезды, поскольку ни в каких других процессах, помимо мгновенных ядерных реакций, не сможет сразу высвободиться такое огромное количество энергии.

Рассмотрим теперь, каким образом все отмеченные изменения звезд связаны с общим развитием материи и имеется ли здесь усложнение форм материи и движения. Данное усложнение несомненно имеет место, и его можно проследить в двух аспектах: в отношении химического состава и в отношении внешних связей звезд друг с другом. Об изменении химического состава речь уже шла выше в связи с проблемой образования элементов, поэтому сейчас мы рассмотрим усложнение внешних связей звезд.

Всякая звезда входит в состав некоторой еще большей системы, причем совокупность этих систем образует Галактику, совокупность галактик — Метагалактику и т. д. Эволюция звезд оказывается тесно связанной с эволюцией тех систем, в которые они входят. В процессе развития звезды происходит эволюция галактического скопления звезд, причем развитие галактики связано с изменением ее формы, внутреннего строения и химического состава.

В настоящее время наиболее совершенными инструментами можно сфотографировать более миллиарда галактик, расположенных за пределами нашей звездной системы. Все галактики подразделяются на три основных класса: неправильной формы, спиральные и эллиптические. Неправильные галактики состоят из облаков пыли и газа, в которых находятся скопления звезд. Здесь еще нет четко выраженного ядра. Спиральные галактики имеют форму диска, в котором легко различимо звездное ядро, большей или меньшей величины. От диска

отходят звездные «ветви» спиральной формы, наличие которых говорит о вращении всей системы. Эллиптические галактики имеют сферическую форму, и плотность звезд в них постепенно падает от центра к краям.

Есть веские основания считать, что эволюция галактик происходит от галактик неправильной формы к спиральным, а от них — к эллиптическим. Неправильные галактики состоят из значительных масс газо-пылевой материи и из молодых звезд, излучающих большое количество энергии. Подобные звезды существуют в нашей Галактике в плоских подсистемах, образующих спирали Галактики. Они состоят почти целиком из водорода и гелия, в отличие от старых звезд, которые входят в сферические подсистемы, составляющие ядро Галактики, и заключают в себе средние и тяжелые элементы, правда в сравнительно небольшом количестве.

В неправильных галактиках старых звезд сферических подсистем не обнаружено, они целиком состоят из звезд плоских подсистем и облаков диффузной материи.

В отличие от этого в спиральных галактиках есть звезды обеих данных групп. Здесь имеются четко выраженные сферические подсистемы, составляющие ядро, и плоские подсистемы, образующие ветви галактики. В эллиптических галактиках преобладают звезды сферических подсистем, спиральные ветви здесь уже отсутствуют и соответственно очень редко встречаются звезды плоских подсистем. Эллиптические галактики можно рассматривать как системы, которые уже израсходовали основную массу диффузной материи благодаря образованию из нее звезд и находятся на завершающей стадии эволюции. Это, конечно, не значит, что в них уже не могут образовываться звезды. В ходе эволюции звезд из них постоянно выбрасывается большое количество диффузного вещества, которое присоединяется к уже имеющемуся в пространстве веществу и, концентрируясь со временем в большие массы, порождает новые группы звезд. Однако в эллиптических галактиках эти процессы, по-видимому, идут уже не столь интенсивно, как в спиральных и неправильных галактиках.

Итак, можно представить, что развитие галактик начинается с огромного протооблака газа и пыли, которое по мере сжатия начинает вращаться с увеличивающейся

скоростью. В процессе сжатия происходит образование звезд различных масс и светимостей. Постепенно в неправильной галактике возникает ядро и звездные спиральные ветви, имеющие центральную перемычку из темного диффузного вещества. Вначале ядро галактики относительно невелико по своей массе, но с развитием системы оно увеличивается, так что постепенно спиральная галактика переходит в эллиптическую. В последней темное диффузное вещество присутствует уже в относительно небольшом количестве, так как оно уже пошло на образование звезд.

В ходе эволюции галактик происходит усложнение связей между звездами. Это усложнение проявляется, во-первых, в том, что образуется множество новых звезд из диффузного вещества, и, во-вторых, в том, что движение звезд становится более упорядоченным и подчиняется общим закономерностям вращения и развития галактики. Детали этого развития в настоящее время еще неясны, и представленная выше схема развития нуждается в своем теоретическом обосновании. Несомненным, однако, остается факт, что эволюция звезд и галактик является взаимосвязанным процессом.

В ходе развития звезд значительная часть их вещества и излучения выбрасывается внутрь галактик, где со временем используется для нового процесса звездообразования. Но определенная часть материи выбрасывается звездами во внешнее метагалактическое пространство и, следовательно, полностью теряется для данной галактики. Какова дальнейшая судьба данной материи? Несомненно, она не пропадает бесследно и со временем собирается в очень большие массы, из которых возникают новые галактики. Подобное возникновение происходит в окружающем пространстве и в настоящее время. В пользу этой идеи говорит прежде всего то, что многие из наблюдаемых галактик обладают самыми различными возрастами. Так, например, соседние неправильные галактики Большое и Малое Магеллановы Облака считаются значительно более поздними образованиями, чем наша система.

Концентрация метагалактической материи и образование галактик происходит за еще больший период времени, чем возникновение звезд из рассеянного диффузного вещества. Это совершенно естественно, поскольку

темпы развития замедляются с возрастанием порядка систем.

Продолжается ли процесс развития и дальше, с переходом ко все большим масштабам? В этом вряд ли можно сомневаться. Но о развитии самой Метагалактики в настоящее время нельзя сказать ничего определенного, поскольку нам не известно еще ее строение, а все доступные измерениям периоды времени намного меньше того периода, в течение которого происходят заметные изменения в этой грандиозной системе.

Итак, подводя итоги сказанному, следует подчеркнуть, что развитие в природе представляет собой нелинейный процесс, в котором перекрещивается множество различных направлений. Каждое из этих направлений имеет тенденцию расщепления на другие направления, подчиняющиеся своим закономерностям. Всякая последующая ступень выступает как результат предшествующих ступеней, но она не является их непосредственным продолжением в смысле однородности развития, а отличается от них по темпам и своему внутреннему содержанию.

В том случае, когда в обширной области пространства существуют различные системы, уровень развития материи в этих системах может не совпадать. То, что в одной системе представляет собой уже реально достигнутое, в другой может быть только далекой перспективой.

Каковы же общие диалектические закономерности, которым подчиняется развитие всех явлений в природе? Детальный анализ их будет дан в последующих главах, сейчас же мы укажем на одну важную закономерность, сущность которой связана с тем, что излагалось в настоящей главе. Эта закономерность касается качественного и количественного соотношения различных форм материи и движения в развитии.

Если расположить известные ныне формы материи в виде генетической лестницы, начиная от самых простых и кончая наиболее сложными, то можно будет заметить, *что с развитием и усложнением структуры материальных объектов возрастает качественное многообразие явлений. Однако относительная распространенность сложных форм тем меньше, чем выше степень их сложности.* Из всех элементов, составляющих звезды и туманности, около 99% приходится на долю водорода и гелия. Лишь очень небольшая часть массы приходится на долю сложных моле-

кул и живого вещества. По данным В. И. Вернадского[1], масса живого вещества на Земле составляет 10^{14}—10^{15} *т*, т. е. примерно 10^{-7} от массы всей Земли (масса Земли — $6 \cdot 10^{21}$ *т*), причем в основном здесь следует учитывать растения и планктон в океанах.

В масштабе Галактики отношение массы живого вещества к массе всех тел будет еще меньшим. А. И. Опарин и В. Г. Фесенков считают, что среди миллиона просмотренных звезд можно обнаружить только одну планету, на которой возможна жизнь[2]. Во всей Галактике, состоящей из 120 млрд. звезд, таких планет будет не менее 120 тыс. Полагая, что их массы в среднем не слишком отличаются от массы Земли и что количество живого вещества на них примерно такое же, получаем во всей Галактике массу живого вещества не менее $7 \cdot 10^{19}$ *т*. По отношению к массе всей Галактики, равной $5 \cdot 10^{38}$ *т*, эта величина составляет примерно 10^{-19}. Конечно, наши предположения об одинаковом количестве живого вещества на других мирах совершенно условны (поскольку и жизнь там может существовать в иных формах), но данный примерный расчет все же с несомненностью показывает, что по мере увеличения порядка систем процентное содержание массы живого вещества неуклонно уменьшается.

Таким образом, наиболее распространенные состояния материи во вселенной — это состояния ее простейших форм, тогда как высокоорганизованные структуры являются сравнительно редким явлением. *Относительное содержание сложных форм материи и движения в природе тем меньше, чем выше степень их сложности.* По мере возрастания степени сложности вещества и порядка космических систем кривая распространенности будет асимптотически стремиться к нулю. Это значит, что в общем бытии материи вероятность образования каких-либо сложных структур тем меньше, чем выше степень их сложности и совершенства. Это, конечно, нельзя понимать в том смысле, что жизнь во вселенной представляет собой чисто случайный продукт. Как одна из высших форм движения материи, жизнь является закономерным следствием ее развития, и она всегда появляется там, где для этого

---

[1] *В. И. Вернадский*, Очерки геохимии, 1934, стр. 172.

[2] *А. И. Опарин* и *В. Г. Фесенков*, Жизнь во Вселенной, Изд-во АН СССР, 1956, стр. 222.

имеются благоприятные условия. Более того, поскольку вселенная бесконечна, можно полагать, что в ней имеется бесчисленное множество обитаемых миров и, следовательно, общая масса живого вещества должна быть бесконечно большой. Но эта бесконечность имеет гораздо более низкий порядок, чем бесконечность массы всей материи во вселенной.

Рассмотрим теперь, как проявляются в неорганической природе общие диалектические закономерности развития.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПРОТИВОПОЛОЖНОСТЕЙ В РАЗВИТИИ

§ 1. Единство противоположностей в явлениях природы

Помимо конкретных специфичных законов, которым подчиняется развитие, начиная с атомных ядер и кончая гигантскими космическими системами, в природе действуют общие диалектические законы развития, характерные для всех систем и состояний материи.

Одним из таких всеобщих диалектических законов является закон единства и борьбы противоположностей. Он утверждает, что в *каждом явлении имеются противоположные стороны и тенденции, неразрывно связанные между собой. Борьба или взаимодействие этих противоположностей составляет внутреннее содержание процесса развития, перехода от старых качественных состояний к новым.* Значит, чтобы понять подлинный источник развития явлений, необходимо выявить в них противоположные стороны и раскрыть характер взаимоотношений между ними. В. И. Ленин писал: «Условие познания всех процессов мира в их *«самодвижении»,* в их спонтанейном развитии, в их живой жизни, есть познание их, как единства противоположностей...» [1]

При анализе содержания данного закона мы сталкиваемся прежде всего с понятиями различия, противоположности и противоречия, которые необходимо раскрыть.

Понятие *различия* выражает отсутствие тождества между предметами и явлениями по каким-либо их признакам или свойствам, как бы незначительны они ни были. Различие и разнообразие явлений представляет наиболее

[1] *В. И. Ленин,* Соч., т. 38, стр. 358.

общую особенность всякого бытия. В обществе не существует двух совершенно одинаковых людей, в лесу нельзя найти два одинаковых по всем признакам листа, во вселенной нет двух полностью тождественных миров. Это обусловлено тем, что материя неисчерпаема вглубь и число возможных сочетаний ее элементов бесконечно. В каждом конкретном случае мы сталкиваемся с различными сочетаниями, зависящими от специфичных внутренних и внешних связей тел. Благодаря этому между ними и отсутствует полное тождество.

Правда, в квантовой механике формулируется положение о тождественности элементарных частиц одного рода. Но это положение нельзя абсолютизировать. Тождественность частиц, провозглашаемая квантовой механикой, означает, что если в атоме или другой микросистеме заменить одну из частиц, скажем электрон, на другую, взятую извне, то эта последняя будет вести себя точно так же, как и первая, и нельзя будет заметить какого-либо различия между ними. Здесь предполагается, что все свойства частиц определяются исключительно характером внешних связей и вся предшествующая история частицы никак не сказывается на ее структуре, т. е. частица ничего не «помнит» о предшествующих событиях.

Строго говоря, подобное допущение является априорным, поскольку свойства, характеризующие внутреннюю структуру элементарных частиц, пока непосредственно не выступают в опыте. И если по наблюдаемым свойствам взаимозаменяемые частицы обнаруживают себя как тождественные, то это вовсе не значит, что принцип тождественности должен быть распространен и на сколько угодно глубокую структуру частиц. Так как любая микрочастица неисчерпаема, то множество различных комбинаций составляющих ее элементов материи является бесконечным, а это уже само по себе принципиально исключает полную тождественность всех комбинаций элементов в двух частицах. При наличии такой тождественности множество комбинаций не было бы бесконечным, т. е. мы вступили бы в противоречие с принципом неисчерпаемости микрообъектов.

Если же говорить о тех частицах, которые не находятся в одинаковых условиях в системах, то отсутствие тождества между ними является совершенно очевидным. Например, электроны в атомах, находящиеся на различных энергетических уровнях, обладают несколько различной массой покоя, поскольку для них характерна разная энергия связи с ядром. Различны также свойства нуклонов в разных атомных ядрах, поскольку энергия связи здесь неодинакова.

Одной из форм проявления различия является противоположность. *Противоположность* представляет собой такую форму различия, при которой явления взаимно исключают или отрицают друг друга по каким-либо своим признакам, свойствам или тенденциям развития. Противоположные явления обычно исключают друг друга не по всем свойствам, а лишь по некоторым, тогда как по другим свойствам у них может быть общность, благодаря чему они и взаимодействуют друг с другом, находятся в определенном единстве.

Наличие противоположностей в природе является объективной основой для существования противоречий. *Противоречие* представляет собой взаимодействие или существенное отношение между противоположностями в рамках единого целостного явления. Противоречие имеет место не во всех случаях существования противоположностей, а лишь тогда, когда имеется их единство. В принципе противоположности могут существовать в четырех возможных вариантах: 1) в рамках одной целостной системы и одновременно; 2) в рамках одной системы, но в различные моменты времени, когда одна противоположность существует, а другая уже исчезла или еще не возникла; 3) в различных и почти не связанных между собой системах, но одновременно; 4) в различные периоды времени и в разных, пространственно удаленных друг от друга системах. Очевидно, случаи 2, 3 и 4 исключают возможность органической связи между противоположностями, и поэтому здесь не может быть их единства. Лишь одновременное существование противоположностей в рамках целостной системы (случай 1) обеспечивает возможность их единства и тем самым составляет основу для объективного противоречия.

Каково соотношение между понятиями противоречия и различия? Иногда утверждают, что всякое различие есть противоречие в большей или меньшей стадии его развития. Однако с этим нельзя согласиться. Понятия различия и противоречия неравноценны, и их нельзя отождествлять. В мире есть очень много явлений, между которыми

имеется различие, и часто очень существенное, но нет никаких противоречий. Например, любой предмет в комнате отличается от галактики Андромеды, однако между ними нельзя выискать никакого противоречия. И дело здесь не только в том, что между ними нет непосредственной связи. Существует много предметов или свойств, между которыми имеется неразрывная связь, но все равно нет противоречий. Например, объем шара тесно связан с его диаметром, и это совершенно различные свойства, но между ними нет все же никаких противоречий. Для того чтобы различие выступало как противоречие, необходимо, чтобы различающиеся между собой стороны были противоположностями, существующими в органическом единстве друг с другом.

Важно отметить, что в диалектико-материалистической философии понятие противоречия употребляется в несколько ином смысле, чем в формальной логике. В формальной логике под противоречием понимают наличие в умозаключениях взаимно исключающих друг друга положений. При этом один из основных законов логики говорит, что если мы утверждаем нечто о предмете мысли, то мы не должны утверждать о том же предмете, в тех же самых условиях прямо противоположное. Например, если мы говорим, что книга лежит на столе, то нельзя тут же утверждать обратное, что книга не лежит на столе. Наличие такого рода противоречий в суждениях указывает на их внутреннюю несостоятельность и является серьезным дефектом в логических построениях. Таким образом, формальная логика требует изгнания противоречий из суждений.

Совместимо ли это требование логики с положением диалектического материализма об объективности противоречий в природе? Как это ни странно, но они согласуются между собой. Всякая научная теория действительно должна быть логически непротиворечивой, иначе она не сможет правильно отразить действительность.

Это положение не всегда понимается. Некоторые авторы полагают, что поскольку объективно в природе существуют противоречия, то и теория, отражающая их, также должна заключать в себе противоречия. В связи с этим они всячески поносят требование логики о непротиворечивости суждений как якобы метафизическое. Однако данные рассуждения неосновательны. *Объективные противоречия можно и должно мыслить логически непротиворечиво.* Всякое противоречие в суждениях по одному и тому же поводу говорит об их неполноценности и подлежит устранению. Действительно, объективное противоречие есть взаимоотношение противоположностей. Научная теория должна правильно отражать сущность каждой противоположности и связь между ними. Но если она достигает действительно правильного отражения, то в ней не будет суждений, взаимно исключающих друг друга. Ибо если имеются два суждения, одно из которых является совершенно истинным, то другое, прямо противоположное ему и касающееся одного и того же предмета, заведомо должно быть ложным. Всякая последовательно научная теория должна давать цельную и логически непротиворечивую картину тех явлений, которые она рассматривает.

Как же в таком случае совместимо данное требование логики с положением диалектики об объективности противоречия? Законы формальной логики являются правилами последовательных умозаключений, и сама формальная логика выполняет функцию грамматики правильных суждений. В силу этого выполнение ее требований имеет первостепенное значение в области научных доказательств. Но формальная логика не распространяется на сами объективные отношения и свойства предметов, т. е. она не имеет адекватного онтологического значения.

Объективные свойства и отношения подчиняются диалектическим законам, и их теоретическим выражением являются законы диалектической логики. Это значит, что по своему содержанию объективная диалектика, диалектическая логика и диалектическая теория познания в значительной мере совпадают между собой. Диалектическая логика включает в себя все основные законы и требования формальной логики, если она касается правил научных умозаключений. Но дополнительно к этому она включает в себя такие положения и законы, которые выходят за пределы формальной логики и характеризуют свойства самого объективного мира.

Правда, не совсем удовлетворительным является то, что в диалектико-материалистической теории и в формальной логике иногда употребляются одни и те же термины, но в различных смыслах. Это относится прежде всего к понятию противоречия. В логике под противоре-

чием подразумевается смысловая несовместимость выводов, тогда как в диалектическом материализме под этим имеется в виду процесс взаимодействия объективных противоположностей.

Рассмотрим конкретно, какие противоречия и противоположности существуют в области неорганической природы.

Если обратиться к структуре материи, то, пожалуй, наиболее ярко идея единства противоположностей подтверждается в факте существования частиц и античастиц. Почти каждой известной частице соответствует определенная античастица, отличающаяся от нее знаком электрического заряда или магнитного момента. Совместно частицы и античастицы не могут существовать длительное время, так как при столкновениях они взаимодействуют между собой таким образом, что исчезают как таковые, превращаясь в фотоны или другие микрообъекты. Античастицы могут быть искусственно порождены лишь при ядерных реакциях большой энергии, например в мощных ускорителях или в космических лучах. В силу этого единство данных противоположностей в микроструктуре материи может быть лишь временным, относительным. Но оно может быть постоянным в масштабах космоса.

Из теоретических данных современной физики вытекает, что атомы, построенные из античастиц, будут столь же устойчивы, как и обычные атомы. В ядрах таких атомов будут антипротоны и антинейтроны, а вокруг ядер вместо электронов будут вращаться позитроны. Если таких атомов существует очень много, то они составят целый антимир. Отличить подобный антимир от вещества обычного мира на основе одних только спектральных данных пока не представляется возможным, так как спектральные характеристики атомов зависят от четвертой степени электрического заряда и, следовательно, будут одинаковы для любых атомов. Существование данных форм материи может быть обнаружено по некоторым другим эффектам. В тех областях, где вещество антимира будет сталкиваться с обычным веществом, должны происходить мощные процессы превращения частиц вещества в излучение, и данная область будет являться источником повышенного излучения электромагнитных волн и космических частиц. До сих пор, однако, не удалось обнаружить

областей, где излучение могло бы быть вызвано подобными процессами. Поэтому гипотеза антимира пока не имеет непосредственного подтверждения, однако в ее объективном смысле в настоящее время нет сомнений, поскольку она логически вытекает из всего теоретического аппарата современной физики микромира, получившего глубокое подтверждение на практике.

Как реализуется в приведенном примере идея единства противоположностей? Если рассматривать какую-либо частицу в нашем мире и некоторую противоположно заряженную частицу в антимире, то хотя они и будут противоположностями, но все же не будут находиться в единстве, поскольку принадлежат к совершенно различным системам и практически непосредственно не взаимодействуют между собой. Отношение между ними не будет противоречием.

Единство противоположностей возникнет лишь в том случае, если частица и античастица вступят в непосредственное взаимодействие между собой, что может произойти при искусственном порождении античастиц. Но это единство будет относительным и временным, так как пары противоположных частиц превратятся либо в электромагнитное излучение, либо в другие микрообъекты.

Однако мы не должны забывать о том, что всякая частица входит в макроскопическое тело, а те образуют космические системы. Последние же могут непосредственно взаимодействовать с соответствующими системами антимира, и в таком случае единство противоположностей будет продолжаться сколько угодно времени, если только не произойдет непосредственного столкновения этих систем. Таким образом, единство противоположностей, коренящееся в законах микромира, находит свою непосредственную реализацию в масштабах космоса.

В строении материи важнейшими противоположностями являются прерывное и непрерывное. Данные свойства материальных объектов находятся всегда в органической взаимосвязи между собой. Их единство проявляется в нескольких отношениях. Любое макроскопическое тело, кажущееся непрерывным в своей структуре, в действительности состоит из множества дискретных частиц. Сами дискретные частицы представляют собой весьма сложные образования материи, обладающие корпускулярными и волновыми свойствами, неразрывно

связанные с различными полями. Так, например, электроны проявляются во взаимодействиях друг с другом, при их поглощении и излучении, как частицы, тогда как их движение в пространстве и рассеяние при прохождении через дифракционную решетку подчиняются волновым законам. Поток электронов образует на экране после рассеяния интерференционную картину, которая возникла бы в том случае, если бы рассеивались не частицы, а волны.

Подобное единство корпускулярных и волновых свойств возможно лишь в движении микрочастиц, и это находит свое отражение в соотношениях квантовой механики. С каждой микрочастицей в квантовой механике связывается определенная длина волны, зависящая от массы и скорости движения частицы. Длина волны выражает область возможной пространственной локализации частицы, в силу чего микрообъекты нельзя рассматривать как какие-то резко очерченные дискретные образования, обладающие абсолютно точными и неизменными геометрическими размерами. Реальные размеры микрообъектов зависят от их скорости и характера взаимодействия друг с другом, и поэтому представление о дискретности частицы должно быть дополнено представлением о ее непрерывности.

Единство прерывного и непрерывного находит свое выражение в связи частиц и полей. Каждая микрочастица не существует изолированно, а постоянно взаимодействует с различными полями, объединяющими частицы в более сложные системы. Поле не является чем-то внешним по отношению к частице, а органически связано с ее микроструктурой. Некоторые важные свойства частиц представляют собой константы их связи с соответствующими полями. Так, масса выступает как характеристика связи частиц с гравитационным полем, электрический заряд — как константа связи с электромагнитным полем, а мезонные заряды, присущие некоторым частицам, выражают их связь с мезонными полями. Поскольку данные свойства неотделимы от частиц, то отсюда следует неразрывное единство частиц и полей. Поле представляет собой как бы продолжение вовне внутренней сущности микрочастиц, и невозможно точно указать ту границу, где кончается сама частица и начинается ее внешнее поле. Например, радиус протона оценивается в $7 \cdot 10^{-14}$ *см*,

но эта величина имеет относительное значение, поскольку она характеризует область распределения мезонного поля, органически входящего в структуру протона. Но всякое поле представляет собой такую форму материи, которая непрерывно распределена в пространстве. Следовательно, реально существующие микрообъекты являются в отношении их пространственного распределения единством прерывного и непрерывного.

Благодаря таким особенностям микрообъектов их внутренняя сущность представляет собой единство конечного и бесконечного. Частица, как дискретное образование, характеризуется всегда конечным числом степеней свободы. В отличие от этого, электромагнитное и гравитационное поля представляют собой материальные системы с бесконечным числом степеней свободы, и для полного их описания потребовалось бы бесчисленное множество параметров. Поскольку же поля неотделимы от частиц, то в отношении степеней свободы всякий микрообъект фактически выступает как единство конечного и бесконечного.

Единство данных противоположностей можно проследить также и в другом плане. Всякая микрочастица неисчерпаема в своей структуре и состоит из бесчисленного множества некоторых, качественно отличных, элементов материи с бесконечным количеством свойств. Однако это бесконечное множество элементов объединяется в *единую* качественную определенность, поскольку по отношению к другим формам материи каждая микрочастица выступает как целостное образование материи.

Единство конечного и бесконечного можно проследить в пространственном распределении микрообъектов и всех других тел. Известно, что всякое вещественное тело занимает ограниченный объем пространства. Однако поле, создаваемое данным телом, имеет тенденцию к неограниченному распространению в пространстве. Излучаемое поле всегда уносит с собой некоторую часть материи, составляющей данное тело, и тем самым обеспечивает его связь с другими телами. Благодаря действию полей конечное тело обнаруживает свое существование в сколько угодно удаленных от него материальных системах. Сама возможность познания свойств необычайно удаленных космических систем основана

именно на том, что материальные объекты представляют в своем пространственном распределении единство конечного и бесконечного.

Наконец, это единство проявляется в характере существования тел во времени. Всякий предмет может существовать как данное конкретное качество лишь ограниченный отрезок времени. Он имел свое начало во времени и неизбежно будет иметь конец. Но материя, составляющая его, имела и будет иметь бесконечное существование. Она неуничтожима и лишь способна переходить из одних форм в другие.

Для правильного понимания единства данных противоположностей мы уже не можем рассматривать материю в соответствии с принципом исключенного третьего, т. е. предполагать, что материя должна быть или прерывна, или непрерывна, или конечна в структуре, или бесконечна. Рассуждение по принципу «или — или» здесь неприменимо, как, впрочем, и во многих других случаях. Здесь действует новый логический принцип совмещения противоположностей: «и — и», «как то, так и другое», который применительно к рассматриваемому случаю означает, что материя *и* прерывна, *и* непрерывна в своем строении, *и* конечна, *и* бесконечна.

Более того, любой предмет может обладать одновременно и данными признаками и прямо противоположными, но только в разных связях и отношениях. С подобным единством противоположностей мы еще столкнемся при рассмотрении некоторых парных категорий диалектического материализма, таких, как внутреннее и внешнее, случайное и необходимое, возможное и действительное и др. Это диалектическое единство, казалось бы, полярных сторон явлений находит свое отражение в понятии взаимоперехода, тождества противоположностей. В. И. Ленин писал, что «*диалектика* есть учение о том, как могут быть и как бывают (как становятся) *тождественными противоположности*,— при каких условиях они бывают тождественны, превращаясь друг в друга,— почему ум человека не должен брать эти противоположности за мертвые, застывшие, а за живые, условные, подвижные, превращающиеся одна в другую» [1].

---

[1] *В. И. Ленин*, Соч., т. 38, стр. 97—98.

Взаимодействие противоположностей может проявляться в необычайно многообразных формах. В общественных явлениях и в живой природе противоречия зачастую выступают в виде борьбы различных противоположностей. Однако слово «борьба» нельзя всюду понимать буквально. В области неорганической природы «борьба» противоположностей почти никогда не проявляется в форме активного противоборства непримиримых сил, а выступает в виде взаимодействия противоположных сил, тенденций и свойств материальных объектов. В. И. Ленин, формулируя положение о том, что «развитие есть «борьба» противоположностей», брал слово «борьба» в кавычки. И это, по-видимому, не случайно [1]. Понятие борьба является довольно узким, и оно не охватывает всех случаев взаимоотношения противоположностей, особенно в области природы. Так, например, нет никакой борьбы между притяжением и отталкиванием, прерывным и непрерывным, конечным и бесконечным, случайным и необходимым и т. п., а между тем данные противоположности находятся в единстве. Для отражения подобного единства гораздо более подходит понятие не борьбы, а взаимодействия противоположностей, которое действительно и имеет место. Что же касается борьбы, то она является частным случаем взаимодействия противоположностей, имеющим место в области общественных явлений и частично в живой природе. В связи с этим необходимо заметить, что Ф. Энгельс, формулируя законы диалектики, назвал рассматриваемый закон *законом взаимного проникновения полярных противоположностей и превращения их друг в друга, когда они доведены до крайности* [2]. Данная формулировка закона гораздо более подходит для отображения взаимоотношения противоположностей в области природы. Поэтому необходимо учитывать ее содержание при анализе рассматриваемого закона.

---

[1] См. *В. И. Ленин*, Соч., т. 38, стр. 358.
[2] См. *Ф. Энгельс*, Диалектика природы, стр. 1.

§ 2. Противоположности в формах движения неорганических тел

До сих пор мы говорили о противоположностях в структуре материальных объектов. Теперь необходимо рассмотреть единство полярных сторон в формах движения неорганической природы. Некоторые из этих форм движения присущи всем известным видам материи, и поэтому противоречия, свойственные им, имеют всеобщий характер. К числу таких форм движения относится прежде всего пространственное перемещение, сопутствующее почти всякому изменению.

Об этой форме движения Ф. Энгельс писал: «Движение само есть противоречие; уже простое механическое перемещение может осуществиться лишь в силу того, что тело в один и тот же момент времени находится в данном месте и одновременно — в другом, что оно находится в одном и том же месте и не находится в нем. Постоянное возникновение и одновременное разрешение этого противоречия — и есть именно движение»[1]. По поводу данного положения Ф. Энгельса противники марксизма постоянно высказывали сомнения, считая его несовместимым с законом непротиворечивости суждений. Сомнения были и в высказываниях некоторых философов, стоящих на позициях диалектического материализма[2]. При этом отмечалось, что никакое тело не может одновременно находиться сразу в двух местах, ибо это бессмысленно. Точно так же в движении тела нет никаких противоречий: тело находится сначала в одном месте, затем в другом, третьем и т. д. Противоречия могут возникнуть лишь в нашем понимании движения, но здесь они обусловлены исключительно ограниченной способностью нашего суждения.

Эти возражения, несмотря на их внешнюю убедительность, на самом деле упрощают объективный процесс движения, чем и достигается мнимое устранение объективного противоречия. В. И. Ленин, критикуя В. М. Чернова, который рассматривал движение как последовательное нахождение тела сначала в одном месте, затем в другом, третьем и т. д., говорил, что такое понимание движения «*неверно:* (1) оно описывает *результат* движения, а не *само* движение; (2) оно не показывает, не содержит в себе *возможности* движения; (3) оно изображает движение как сумму, связь состояний *покоя,* т. е. (диалектическое) противоречие им не устранено, а лишь прикрыто, отодвинуто, заслонено, занавешено»[1].

Для доказательства правильности марксистско-ленинского понимания пространственного перемещения предположим, что тело определенной длины движется над плоскостью, на которую нанесен точный масштаб. Пусть длина тела будет 3 *см,* его скорость — 1 *см/сек,* а движение происходит близко от плоскости и параллельно ей.

На первый взгляд кажется, что в каждый данный момент времени тело будет находиться только в одном месте и не в каком другом, т. е. существует взаимно однозначное соответствие между определенными моментами времени и участками пути. Например, по истечении второй секунды от начала движения тело находилось бы на отрезке от 2-го до 5-го *см* масштаба, по истечении седьмой секунды — на отрезке от 7-го до 10-го *см* и т. д. Противоречие в движении как будто устранено.

Однако в основе данного вывода лежит неявно принимаемое предположение о том, что движущееся тело на протяжении всего своего движения обладает абсолютно точными размерами, в силу чего всегда возможно вполне определенно сказать, находится ли оно в данный момент времени в некотором месте или же не находится в нем. Между тем такое предположение само по себе еще ни на чем не основано.

Совершенно точные размеры могло бы иметь абсолютно твердое тело, но таких тел в природе не может существовать. Все реально существующие тела не обладают абсолютно точными размерами. Действительно, точное определение длины какого-либо стержня имеет смысл до погрешности порядка 10^{-8} *см,* т. е. размеров атома. Дальнейшее уточнение оказывается принципиально невозможным, поскольку атомы постоянно колеблются вокруг некоторых положений равновесия и за пределами

---

[1] *Ф. Энгельс,* Анти-Дюринг, стр. 113.

[2] См. статьи А. Шаффа в «Studia filozoficzne» № 1, 1957; «Deutsche Zeitschrift für Philosophie» № 3, 1956.

[1] *В. И. Ленин,* Соч., т. 38, стр. 255.

точности в 10^{-8} *см* размеры стержня будут объективно неопределенными, статистически средними во времени. Это обусловлено и тем, что сами атомы не имеют абсолютно точных фиксированных размеров. Их размеры характеризуются распределением плотности электронного облака, а последняя зависит исключительно от внутренних и внешних связей атома, которые постоянно меняются. Статистически средними во времени являются размеры элементарных частиц. Каждая из микрочастиц неразрывно связана с различными полями. Поле органически входит в ее структуру, выступая в качестве проявления ее внутренней сущности. Поскольку же поле частицы постоянно меняется в результате изменения характера ее внешних связей, то непрерывно меняется и область пространственного распределения или размеры частицы.

Благодаря тому, что размеры тела оказываются за пределами некоторой степени точности статистически средними во времени, движущееся тело будет в каждый, достаточно малый момент времени находиться и не находиться в данном месте. И подобное единство противоположностей будет иметь место не только в состоянии движения, но и в состоянии относительного покоя тела. Это противоречие объективно обусловлено постоянным движением составляющих тело микрообъектов, а также единством прерывного и непрерывного в их пространственном распределении.

В связи с этим представляется интересным рассмотреть, сохранится ли указанное противоречие, если размеры тела мысленно непрерывно уменьшать, сделав их бесконечно малыми. Можно ли утверждать, что бесконечно малое тело, скажем *точка*, находится в каждый данный момент времени в другой точке и не находится в ней? Как это ни покажется неожиданным, но применительно к точкам так утверждать нельзя. Действительно, если бы точка одновременно могла находиться в данной точке и вместе с тем в другой, то она не была бы точкой. Само понятие точки предполагает, что она неделима; если же она делима (что будет при одновременном ее нахождении в двух точках), то она уже не точка. Поэтому движущаяся неделимая точка сначала будет находиться в одной точке, потом в другой, третьей и т. д. Совокупность этих бесчисленных точек могла бы составить реальный отрезок, так же как совокупность бесконечного множества *неделимых* моментов времени — реальное время. В таком случае в движении не было бы никакого противоречия.

Это было бы действительно так, если бы в природе реально существовали неделимые точки и неделимые отрезки времени. Но все дело в том, что подобных неделимых в природе нет и не может быть. Представление о существовании неделимых точек и неделимых отрезков времени исходит из предположения об актуально бесконечно малых единицах пространства и времени, т. е. таких единицах, меньше которых уже ничего не может быть. Но понятие актуально бесконечно малого является противоречивым. Оно предполагает, что бесконечное деление пространства и времени может быть полностью завершено. Но если бы это было так, то тогда это деление не было бы бесконечным. Единственной величиной, которая не может быть подразделена на еще меньшие элементы, является нуль. Но нуль не заключает в себе никакой протяженности и никакого течения времени. Из суммы таких элементов, как бы велико ни было их число, никогда не возникнет реальное пространство и время. Всякий же реально существующий отрезок длины или времени отличен от нуля, а тем самым может быть подразделен на еще меньшие элементы. Но если в природе не существует абсолютно неделимых материальных элементов, то указанный выше способ преодоления противоречий в движении является логически неправомерным.

Бесконечно малая — это не нуль и не актуально завершенная, неделимая далее величина, а *переменная величина,* неограниченно стремящаяся к нулю как к своему пределу. Она способна стать меньше любой, наперед заданной, конечной величины, но тем не менее никогда не становится равной нулю. Реальное пространство и время состоят из такого рода бесконечно малых, и при рассмотрении их указанное выше противоречие в движении сохраняется.

Действительно, бесконечно малая — это такая величина, которая не имеет точной количественной определенности. В области бесконечно малых или бесконечно больших величин утрачивают силу известные из арифметики правила о том, что часть меньше целого; $^1/_2$ бесконечно малого эквивалентна 2 бесконечно малым и вообще

всякому другому конечному числу бесконечно малых. В силу этого движущееся бесконечно малое тело будет в один и тот же, сколько угодно малый, момент времени находиться в данном месте (тоже бесконечно малом) и не находиться в нем. На этот раз противоречие в движении оказывается обусловленным единством противоположностей в самом бесконечном.

Наряду с данным противоречием в неорганической природе существуют и другие. Одно из них выражает взаимоотношение между изменчивостью и устойчивостью в структуре материальных объектов. Известно, что всякий предмет претерпевает постоянные внутренние изменения благодаря движению составляющих его частиц и взаимодействию с другими телами. В то же время каждое тело обладает устойчивостью в своих свойствах. Эта устойчивость простирается на все формы движения. В случае механического движения она выступает в виде относительного покоя, в случае атомной формы движения выражается в стабильности химических свойств тела, его спектральных характеристик и т. д. Применительно к биологическим формам движения устойчивость находит свое выражение в стабильности формы организма, его функций, типа внутренних связей и др., хотя при всем этом в организме постоянно происходит обновление химического состава благодаря обмену веществ. Единство противоположностей изменчивости и устойчивости находит свое отражение в понятии *динамического равновесия*, имеющем важное значение в естествознании.

В динамическом равновесии находится по существу всякая материальная система, начиная от атома и кончая гигантскими галактиками. Хотя составные элементы системы пребывают в постоянном движении, ее структура, закон организации и основные свойства сохраняются в устойчивом виде. Дело обстоит таким образом, как если бы внутренней организации системы всегда была присуща определенная инерция — способность сохранять свою форму и законы развития, а также сопротивляться всем внешним воздействиям, направленным на изменение внутреннего состояния.

В физике и химии эта закономерность нашла свое выражение в принципе Ле-Шателье, который иногда называют принципом тормозящего противодействия. Согласно этому принципу, всякая равновесная система

стремится сохранить свое состояние равновесия, и если на систему производится какое-либо воздействие, то в ней возникают такие процессы, которые будут направлены на то, чтобы ликвидировать или ослабить последствия данных воздействий. Например, если в изолированном сосуде имеется газ и повышается давление, то в том случае, если тепло будет уходить из газа, последний будет сжиматься, как бы стремясь восстановить прежнюю температуру. При сообщении тепла газу последний будет расширяться, с тем чтобы сохранилась прежняя температура. Сжатие упругого тела внешними силами будет вызывать в нем появление таких внутренних сил, которые станут стремиться восстановить первоначальную форму тела. Указанный принцип в специфической форме действует и в живой природе, где всякие неблагоприятные воздействия на организм вызывают в нем изменения, направленные против данных воздействий. Нечто аналогичное встречается и в некоторых общественных явлениях, хотя взаимодействующие силы имеют здесь совершенно иную сущность.

Интересно отметить, что в механических системах единство устойчивости и изменчивости находит свое выражение в массе тел. Масса представляет собой меру инерции и вместе с тем меру внутренней собственной энергии системы, характеризующей ее потенциальные способности к различным превращениям и совершению работы. Таким образом, в массе выражается единство противоположных тенденций, свойственных материи.

Подчеркивая наличие инерции и качественной устойчивости у тел, следует заметить, что сама эта устойчивость не является чем-то абсолютно противостоящим движению. Механическую инерцию Ф. Энгельс назвал «отрицательным выражением неуничтожимости движения» [1], т. е. таким свойством тел, которое связано с их изменением. Точно так же качественная устойчивость тел обусловлена их внутренним движением, характером взаимодействий составляющих элементов материи. Например, стабильность физико-химических свойств какого-либо твердого тела обусловлена особым типом связей между его атомами и молекулами. Но всякая связь и взаимодействие представляют собой движение особого рода, и,

---

[1] *Ф. Энгельс,* Диалектика природы, стр. 1.

следовательно, мы должны признать, что покой и устойчивость являются результатом или частным случаем движения.

Одним из интересных выражений единства противоположностей в движении, установленных современной наукой, является открытие факта взаимной превращаемости частиц. Благодаря такой превращаемости микрочастица *в каждый данный момент существует и вместе с тем не существует как данное образование.*

Чтобы доказать это, необходимо сначала кратко пояснить, какой смысл вкладывался в понятие частицы в классической физике и какой смысл данное понятие приобрело в настоящее время. Классическая физика считала, что микрочастицы при своем движении и взаимодействии всегда остаются тождественными самим себе. Во всех реакциях общая сумма частиц того или иного рода всегда остается неизменной. Конечные продукты реакции отличаются от исходных тел только перегруппировкой одних и тех же неизменных элементов: $A + B \rightleftarrows AB$. Современная физика опровергла идею неизменности микрообъектов и установила их всеобщую превращаемость. В результате таких превращений конечные продукты реакции могут коренным образом отличаться от исходных частиц: $A + B \rightleftarrows C + Д$. Например, взаимодействие частиц и античастиц ведет к превращению их в кванты электромагнитного поля, а в некоторых случаях — в мезоны. Последние распадаются на электроны (позитроны) и нейтрино.

Но дело не только в этом. Каждая микрочастица непрерывно взаимодействует с различными полями и другими частицами. Это взаимодействие происходит в форме излучения и поглощения квантов соответствующих полей. Поскольку кванты представляют собой особые материальные образования, то все эти процессы ведут к определенным изменениям в структуре и свойствах микрочастиц. В силу этого микрочастица в каждый данный момент является той и уже не той, какой была раньше.

В качестве примера подобных изменений рассмотрим процессы, происходящие с нейтроном. Нейтрон является нейтральной частицей с массой 1838,6 электронной массы и периодом полураспада в свободном состоянии примерно в 17 мин. Поскольку нейтрон не имеет электрического заряда, то он как будто не должен был бы обладать и магнитным моментом, если только считать, что магнитные свойства вызываются всегда движением заряженных частиц. Между тем у нейтрона обнаружен магнитный момент, равный примерно —1,91 ядерного магнетона. С другой стороны, у протона установлен магнитный момент в 2,79 ядерного магнетона против ожидавшегося, согласно теории, значения, равного 1.

Чтобы объяснить эти явления, была выдвинута идея, что избыточные магнитные моменты обусловлены взаимодействием протонов и нейтронов с заряженным мезонным полем, которое неотделимо от этих частиц, а именно: протоны и нейтроны не существуют как неизменные частицы, а все время претерпевают внутренние превращения. Нейтрон постоянно «диссоциирует» на протон и отрицательный пи-мезон, после чего обе частицы снова объединяются в исходную форму: $n \rightleftarrows p + \pi^-$.

Точно так же протон проводит определенную часть времени своего существования в состоянии нейтрона и положительного пи-мезона: $p \rightleftarrows n + \pi^+$. В «диссоциированном» состоянии протоны и нейтроны существуют примерно 20% всего времени.

Пи-мезонам присущ определенный магнитный момент, и они передают его нуклонам, причем возникающий в результате этого магнитный момент протона и нейтрона оказывается в соответствии с экспериментально наблюдаемым. Временное «расщепление» протона на нейтрон и положительный пи-мезон и нейтрона на протон и отрицательный пи-мезон получило название *виртуального* процесса. Виртуально возникающие частицы существуют в радиусе порядка $7 \cdot 10^{-14}$ *см* и в промежутке времени около 10^{-23} *сек.* Необычайная малость этих величин пока не позволяет непосредственно наблюдать данные «расщепления» в опыте. Однако это не значит, что идея виртуальных превращений является теоретическим домыслом. Реальность данных процессов косвенно доказывается опытами по определению структуры протонов. В результате этих опытов было установлено, что протон действительно представляет собой весьма сложное образование, в центре которого имеется плотное «ядро», окруженное заряженным мезонным полем. Это поле рассматривается как совокупность виртуальных пи-мезонов.

Аналогичные процессы возможны и в случае других микрочастиц. Так, например, согласно квантовой электродинамике, электрон все время виртуально порождает фотон и тут же поглощает его. Точно так же ведут себя и другие заряженные частицы. Это значит, что элементарные частицы не существуют сколько-нибудь длительного времени в себетождественном состоянии, а испытывают непрерывные внутренние превращения. Их свойства не имеют абсолютно точных фиксированных значений, а являются *статистически средними* во времени. Каждая микрочастица существует и одновременно как бы не существует в виде данного образования. В этом заключается глубокое диалектическое единство противоположностей, совершенно несовместимое с метафизическим пониманием микроявлений.

Противоречивым является и сам процесс взаимодействия микрочастиц. Согласно квантовой теории, притяжение между частицами возникает в результате обмена квантами электромагнитного, гравитационного и ядерного полей. Подобный обмен основан на двустороннем *излучении* и *поглощении* частицами квантов, т. е. само взаимодействие оказывается возможным лишь благодаря единству противоположных процессов.

С переходом от элементарных частиц к атомам и молекулам возникают новые формы противоречий. В основе химической формы движения лежит противоречие между ассоциацией и диссоциацией атомов в молекулах. Между атомами существуют электромагнитные силы притяжения, которым противостоят противоположные силы, возникающие в результате собственного движения атомов и влияния внешних воздействий. Эти противоположные силы стремятся разрушить химическую связь между атомами, вызвать распад молекул. В результате этого вся система, если она обладает устойчивостью, пребывает в состоянии динамического равновесия.

Аналогичное противоречие существует и в других физических системах, будь то макроскопические тела или система звезд. Составные элементы системы, обладая относительно большими собственными скоростями, стремятся покинуть систему. Этой тенденции противостоят мощные электромагнитные или гравитационные силы, удерживающие элементы в рамках системы. Система устойчива до тех пор, пока энергия ее внутренних

связей будет больше энергии внешних воздействий и суммарной кинетической энергии составных элементов. В противном случае возникает противоречие между старой формой организации и новыми силами в системе. Разрешение этого противоречия ведет к преобразованию структуры системы и возникновению новой формы материи, в которой имеет место динамическое равновесие.

Биологические формы движения характеризуются своими особыми противоречиями. Наиболее общим здесь является противоречие между организмом и условиями его существования, разрешение которого ведет к преобразованию внутренней формы и типа обмена веществ организма, к изменению его наследственности в соответствии с новыми жизненными условиями. Сам по себе обмен веществ включает в себя противоречие между ассимиляцией и диссимиляцией. В различных формах отражения существует противоречие между возбуждением и торможением, взаимодействие которых составляет внутреннее содержание процесса раздражимости, ощущения и мышления. Наконец, во внутривидовых и межвидовых отношениях противоречия выступают в форме конкурентной борьбы между особями одного вида, если они ограничены в жизненных условиях, и особенно в форме межвидовой борьбы. Результатом действия этих противоречий является естественный отбор.

В общественных явлениях возникают совершенно новые типы противоречий: между человеком и природой, производительными силами и производственными отношениями, базисом и надстройкой, производством и потреблением, различными классами и группами в обществе, между государствами, между старым и новым во всех их проявлениях. Некоторые из общественных противоречий могут иметь либо антагонистический, либо неантагонистический характер.

Понятия антагонистических и неантагонистических противоречий применимы лишь к области общественных явлений, поскольку их разрешение предполагает действие субъективного фактора, возможность выбора между мирным или насильственным способом. В области явлений природы данные понятия неприменимы, и если они употребляются некоторыми естественниками, то лишь как своего рода метафора. Известные случаи взаимного уничтожения частиц и античастиц и превра-

щения их в кванты электромагнитного поля, межвидовой борьбы между хищниками и жертвами, а также борьбы между различными микроорганизмами представляют собой проявления физических и биологических форм движения, которые осуществляются всегда на основе определенных законов природы и не могут происходить иначе. Здесь нет какого-либо выбора между тем или иным исходом противоречия, данные явления происходят в результате непреложного действия естественных законов.

Итак, мы видим, что с развитием материи и усложнением форм ее движения постоянно усложняются и типы противоречий, возникают принципиально новые противоречия, не существовавшие ранее. И во всех явлениях, начиная от взаимодействия микрочастиц и кончая сложными общественными изменениями, противоречия составляют внутренний стимул и содержание процесса развития.

§ 3. Взаимодействие противоположностей как источник развития

Анализ противоречий в различных формах материи и движения вплотную подводит к вопросу о том, каким образом взаимодействие противоположностей обусловливает развитие в неорганической природе. Решение этого вопроса связано с многими другими естественнонаучными и философскими проблемами, но рассматриваемый закон позволяет наметить основные пути в этом направлении.

Восходящее развитие в неорганической природе представляет собой процесс усложнения связей, форм движения и структуры материальных объектов. Это усложнение обусловлено в своей сущности взаимодействием между прерывным и непрерывным, притяжением и отталкиванием, а также между некоторыми другими противоположностями в структуре неорганических тел. Мы рассмотрим последовательно, как каждая группа противоположностей обусловливает развитие.

Одним из важнейших проявлений единства прерывности и непрерывности в структуре материи является неразрывная связь между частицами и полями. Именно

благодаря этой связи и оказывается возможным образование различных материальных систем. Действие ядерных сил, переносимых мезонным полем, приводит к объединению протонов и нейтронов в атомные ядра; электромагнитные и гравитационные поля объединяют ядра и электроны в атомы, атомы — в молекулы, а последние — в макроскопические тела. Даже образование гигантских космических систем оказывается возможным лишь в результате объединяющего действия гравитационного поля. Без такого единства прерывного и непрерывного материя не могла бы обладать никакой конкретной структурной организацией, а следовательно, невозможно было бы и ее развитие.

Наряду с прерывным и непрерывным развитие материи обусловлено единством конечного и бесконечного в ее строении. Если частицы, как дискретные образования, обладают конечным числом степеней свободы, то поля характеризуются бесконечным множеством степеней свободы. Усложнение материи в результате взаимодействия частиц и полей оказывается обусловленным единством конечного и бесконечного в ее структуре.

Благодаря связи этих противоположностей развитие материи в любой данной системе оказывает определенное влияние на процесс развития в других системах, сколько угодно отдаленных от нее и превосходящих ее по своим размерам. Каждая конкретная материальная система обладает конечными размерами, но поля, создаваемые ею, имеют тенденцию к безграничному распространению в пространстве. Поэтому любая система может в принципе обнаружить свое существование во всех других сколько угодно удаленных областях вселенной и оказать на них какое-то влияние. И процесс развития в конечных системах оказывается неразрывно связанным с изменениями в рамках всей бесконечной вселенной.

Вместе с тем развитие в неорганической природе обусловлено взаимодействием таких противоположностей, как притяжение и отталкивание, поглощение и излучение. Силы притяжения и отталкивания проявляются в различных формах, но единство их имеет место во всех устойчивых системах. Так, в Галактике между всеми телами действуют мощные гравитационные силы, стремящиеся объединить все тела в возможно более плотное образование. Но этим силам противостоят силы «отталки-

щения их в кванты электромагнитного поля, межвидовой борьбы между хищниками и жертвами, а также борьбы между различными микроорганизмами представляют собой проявления физических и биологических форм движения, которые осуществляются всегда на основе определенных законов природы и не могут происходить иначе. Здесь нет какого-либо выбора между тем или иным исходом противоречия, данные явления происходят в результате непреложного действия естественных законов.

Итак, мы видим, что с развитием материи и усложнением форм ее движения постоянно усложняются и типы противоречий, возникают принципиально новые противоречия, не существовавшие ранее. И во всех явлениях, начиная от взаимодействия микрочастиц и кончая сложными общественными изменениями, противоречия составляют внутренний стимул и содержание процесса развития.

§ 3. Взаимодействие противоположностей как источник развития

Анализ противоречий в различных формах материи и движения вплотную подводит к вопросу о том, каким образом взаимодействие противоположностей обусловливает развитие в неорганической природе. Решение этого вопроса связано с многими другими естественнонаучными и философскими проблемами, но рассматриваемый закон позволяет наметить основные пути в этом направлении.

Восходящее развитие в неорганической природе представляет собой процесс усложнения связей, форм движения и структуры материальных объектов. Это усложнение обусловлено в своей сущности взаимодействием между прерывным и непрерывным, притяжением и отталкиванием, а также между некоторыми другими противоположностями в структуре неорганических тел. Мы рассмотрим последовательно, как каждая группа противоположностей обусловливает развитие.

Одним из важнейших проявлений единства прерывности и непрерывности в структуре материи является неразрывная связь между частицами и полями. Именно

благодаря этой связи и оказывается возможным образование различных материальных систем. Действие ядерных сил, переносимых мезонным полем, приводит к объединению протонов и нейтронов в атомные ядра; электромагнитные и гравитационные поля объединяют ядра и электроны в атомы, атомы — в молекулы, а последние — в макроскопические тела. Даже образование гигантских космических систем оказывается возможным лишь в результате объединяющего действия гравитационного поля. Без такого единства прерывного и непрерывного материя не могла бы обладать никакой конкретной структурной организацией, а следовательно, невозможно было бы и ее развитие.

Наряду с прерывным и непрерывным развитие материи обусловлено единством конечного и бесконечного в ее строении. Если частицы, как дискретные образования, обладают конечным числом степеней свободы, то поля характеризуются бесконечным множеством степеней свободы. Усложнение материи в результате взаимодействия частиц и полей оказывается обусловленным единством конечного и бесконечного в ее структуре.

Благодаря связи этих противоположностей развитие материи в любой данной системе оказывает определенное влияние на процесс развития в других системах, сколько угодно отдаленных от нее и превосходящих ее по своим размерам. Каждая конкретная материальная система обладает конечными размерами, но поля, создаваемые ею, имеют тенденцию к безграничному распространению в пространстве. Поэтому любая система может в принципе обнаружить свое существование во всех других сколько угодно удаленных областях вселенной и оказать на них какое-то влияние. И процесс развития в конечных системах оказывается неразрывно связанным с изменениями в рамках всей бесконечной вселенной.

Вместе с тем развитие в неорганической природе обусловлено взаимодействием таких противоположностей, как притяжение и отталкивание, поглощение и излучение. Силы притяжения и отталкивания проявляются в различных формах, но единство их имеет место во всех устойчивых системах. Так, в Галактике между всеми телами действуют мощные гравитационные силы, стремящиеся объединить все тела в возможно более плотное образование. Но этим силам противостоят силы «отталки-

вания» самой различной природы. Излучаемый звездами свет оказывает давление на частицы вещества в газо-пылевых туманностях, «отгоняет» их от звезд и тем самым рассеивает в пространстве. Создаваемые звездами и туманностями электромагнитные поля ускоряют протоны и атомные ядра, благодаря чему значительная часть космических частиц покидает нашу звездную систему. Кроме того, большое количество звезд обладает значительными собственными скоростями движения и со временем уйдет за пределы Галактики. Наконец, всем гравитационным силам, направленным к центру тяжести системы, противостоят центробежные силы «отталкивания», обусловленные вращением тел вокруг центра Галактики. Единство всех этих противоположных сил обусловливает устойчивую спиральную структуру Галактики и эволюцию ее как звездной системы.

Аналогичная картина имеет место в солнечной системе, где притяжение планет к Солнцу уравновешивается центробежными силами, возникающими при вращении планет по их орбитам.

В самих звездах гравитационному сжатию вещества противостоят мощные силы лучевого давления, возникающие в результате термоядерных реакций, а также интенсивное турбулентное движение газов. В результате этого периферические области звезды становятся как бы невесомыми и представляют собой постоянно меняющийся, клокочущий океан газов.

Единство притяжения и отталкивания проявляется также в микроструктуре тел. Так, например, в атомных ядрах между одинаково заряженными протонами действует очень сильное электрическое отталкивание, но оно перекрывается еще более мощным притяжением между нуклонами, возникающим в результате действия ядерных сил. Однако на очень малых расстояниях между нуклонами ядерные силы в свою очередь переходят в необычайно мощные силы отталкивания неизвестной еще природы, которые препятствуют взаимному слиянию нуклонов. Благодаря этому ядро существует как динамическая устойчивая система. Как и всякое другое образование, оно обладает стабильностью и вместе с тем претерпевает непрерывное внутреннее изменение.

Единство притяжения и отталкивания является необходимым условием развития всяких систем. Если бы

возобладали одни только силы отталкивания, то произошло бы всеобщее рассеяние материи в пространстве, и, наоборот, если бы возобладали силы притяжения, то все тела слиплись бы в одну сплошную массу и уже поэтому невозможно было бы никакое движение. «...Каждое притягательное движение во вселенной,— говорил Ф. Энгельс,—должно быть дополнено эквивалентным ему отталкивательным движением, и наоборот, или же,— как это выражала... прежняя философия,— сумма всех притяжений во вселенной равна сумме всех отталкиваний» [1].

Взаимодействие данных противоположностей обусловливает неуничтожимость развития материи во вселенной. Под влиянием гравитационных сил происходит концентрация рассеянного звездами вещества и объединение его в гигантские диффузные туманности, поглощающие электромагнитное излучение. Дальнейшее сжатие этих туманностей ведет при определенных условиях к возникновению термоядерных реакций и началу нового цикла развития.

Современная квантовая теория позволяет связать силы притяжения и отталкивания с другими противоположными процессами, а именно с поглощением и излучением телами квантов различных полей. Так, если рассматривать ядерные силы притяжения между протонами и нейтронами, то они обусловлены обменом между нуклонами квантами ядерного поля или мезонами. Протон излучает мезон, который поглощается нейтроном, и, наоборот, нейтрон излучает мезон другого рода, поглощаемый протоном. В результате такого обмена протоны и нейтроны в ядрах постоянно превращаются друг в друга, а между ними возникают необходимые силы притяжения. Аналогичным образом электрическое притяжение или отталкивание обусловлено обменом между заряженными частицами — квантами электромагнитного поля. Руководствуясь данной идеей, современная теория тяготения рассматривает гравитационное взаимодействие как результат обмена между телами гипотетическими квантами гравитационного поля — гравитонами. Таким образом, любые силы притяжения и отталкивания обусловлены в конечном счете поглощением и излучением

[1] *Ф. Энгельс,* Диалектика природы, стр. 46.

Таким образом, борьбу нового со старым нельзя считать только источником развития, и тем более ее нельзя считать всеобщей движущей силой развития, действующей всюду в материальном мире. Очевидно, вообще не существует таких противоположностей, которые в равной степени обусловливали бы развитие как в неорганической природе, так и в живой природе и в обществе. Для каждой из этих групп явлений существуют свои закономерности развития и, следовательно, имеются свои специфические противоположности и противоречия, не распространяющиеся на другие группы. Общим здесь будет лишь факт единства и взаимодействия противоположностей, конкретное же проявление данного единства в каждом случае будет различным.

Далее, взаимодействие или борьба противоположностей составляет источник развития *каждой конкретной материальной системы.* Однако неточно утверждать, как это иногда делается, что борьба противоположностей является *источником самодвижения материи в целом.* Ставить вопрос об источнике движения применительно к материи, как субстанции всех явлений, вообще нельзя, если только последовательно придерживаться взглядов диалектического материализма. Движение есть важнейший атрибут, способ существования материи. Так как материя существует, то она находится в движении, во взаимодействиях, и для этого движения не может быть никакого источника. Если же мы будем считать, что борьба противоположностей составляет источник движения, то сразу возникает вопрос: что же является источником борьбы противоположностей? На это нельзя будет ответить ничего иного, кроме следующего: что таким источником является движение,— и мы оказываемся, таким образом, в порочном кругу.

Утверждение о том, что борьба противоположностей является источником движения, противоречиво и в следующем отношении. В природе сама борьба выступает в форме взаимодействия противоположностей. Но всякий процесс взаимодействия есть не что иное, как движение того или иного рода. Следовательно, мы приходим к тавтологии, что «движение является источником движения».

Борьба или взаимодействие противоположностей составляет не источник, а внутреннее содержание всякого движения. Это значит, что любое движение и изменение

основывается на единстве противоположностей того или иного рода: прерывного и непрерывного, внутреннего и внешнего, притяжения и отталкивания, конечного и бесконечного и т. п.

Но взаимодействие противоположностей будет источником развития *всякой конкретной системы.* Системы такого рода всегда имеют определенные причины своего возникновения, а следовательно, по отношению к ним можно говорить о причинах или источнике их развития. Таким источником является как раз взаимоотношение рассмотренных выше противоположностей.

Поскольку развитие всякой системы включает в себя восходящую стадию, связанную с усложнением структуры и форм движения материальных объектов, и нисходящую стадию, которая ведет к распаду системы на составные элементы, то объективно существуют по крайней мере три основные группы противоположностей и противоречий: 1) характеризующие всякое движение и бытие материи, безотносительно к процессу усложнения или распада систем; 2) обусловливающие усложнение форм материи и движения в развитии; 3) вызывающие деградацию и распад систем.

В первую группу следует включить прежде всего противоречия между относительной устойчивостью и изменчивостью, конечным и бесконечным, прерывным и непрерывным, которые присущи всем состояниям материи. Очевидно, в природе существуют и другие противоречия такого рода.

Во вторую группу входит весьма большое количество противоречий, составляющих источник развития в неорганической, живой природе и в обществе. Все они существенно различаются между собой. Из противоречий неорганической природы следует упомянуть прежде всего те, которые выражают отношение между притяжением и отталкиванием, поглощением и излучением, ассоциацией и диссоциацией атомов и молекул и др.

Противоречия третьей группы необычайно многообразны, поскольку деградация и распад систем в каждом частном случае обусловлены различными причинами. Существуют два основных вида распада систем: вынужденный и спонтанный. Вынужденным является тот распад, который вызван какими-то внешними причинами. В механических системах распад происходит тогда,

когда энергия внешних воздействий превышает энергию внутренних связей. В немеханических — биологических и общественных — системах распад определяется гораздо более сложными причинами, различными в каждом конкретном случае.

Спонтанным является распад, обусловленный внутренними причинами в самой системе. Он вызывается противоречием между новым типом внутренних связей, возникших в системе, и старой формой ее организации.

Все указанные три группы противоречий неразрывно связаны между собой. Так, противоречия первой группы, характеризующие общее бытие материи, составляют основу для возникновения и развертывания противоречий второй и третьей групп. Некоторые из противоречий первой группы, как, например, конечное и бесконечное, прерывное и непрерывное, даже способствуют развитию различных систем и тем самым вплотную примыкают к противоречиям второй группы.

Существуют также противоречия, *общие по форме,* но *различные по содержанию.* Так, например, для всех состояний материи характерно противоречие между внутренними и внешними факторами. В то же время соотношение между внутренним и внешним может обусловливать как развитие, так и распад систем, в зависимости от содержания данных факторов.

При исследовании форм противоречий невольно возникает вопрос о том, происходит ли в развитии разрешение каких-либо противоречий и возможно ли наступление такого состояния, когда основные противоречия в данной системе будут разрешены?

Очевидно, разрешение противоречий первой группы принципиально невозможно, поскольку они будут присущи и вновь возникшим состояниям материи. Что касается противоречий второй и третьей групп, обусловливающих восходящее развитие и распад систем, то некоторые из них получают со временем свое разрешение. В частности, все противоречия, вызывающие распад, разрешаются после того, как система превращается в совершенно другие формы материи, поскольку тогда они уже не имеют основания для своего существования. Однако вновь возникшая система будет характеризоваться новыми противоречиями, которые снова по-

требуется разрешать. Окончательное же преодоление всех противоречий совершенно невозможно, ибо *всякое развитие представляет собой не только разрешение, но и возникновение принципиально новых противоречий.* Благодаря этому развитие материи оказывается неуничтожимым процессом, присущим всем состояниям материи.

Возможность разрешения противоречий проливает новый свет на проблему взаимоотношения противоположностей. Отсюда следует, что противоположности не являются абсолютно непримиримыми между собой, а могут при определенных условиях как бы погасить друг друга или же превратиться в качественно иные формы. Противоположные предметы и явления исключают друг друга не абсолютно, а лишь по некоторым своим свойствам и тенденциям. Например, частицы и античастицы противоположны друг другу лишь по знаку электрического заряда и магнитного момента, тогда как другие их свойства одинаковы. При взаимодействии частиц и античастиц эти противоположные свойства «погашают» друг друга, и в результате этого возникают совершенно иные микрообъекты. В связи с этим необходимо кратко остановиться на проблеме «тождества» и взаимного перехода противоположностей друг в друга.

Классики марксизма в своих произведениях неоднократно указывали, что объективно имеет место единство противоположностей, которое они иногда называли тождеством, что возможно «развитие в *с в о ю* противоположность»[1], переход противоположностей друг в друга. В каком смысле следует понимать данные положения?

Очевидно, тезис о «тождестве» противоположностей нельзя рассматривать в том духе, что они действительно тождественны друг другу. Как показывает само понятие «противоположности», соответствующие явления коренным образом различаются между собой по каким-либо свойствам. Поэтому понятие «тождества» противоположностей является неудачным. Оно унаследовано от гегелевской философии и способно ввести в заблуждение. Гораздо правильнее вместо этого говорить *о единстве и взаимном проникновении противоположностей.* Такое

[1] *В. И. Ленин,* Соч., т. 38, стр. 258.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

ВЗАИМНЫЙ ПЕРЕХОД КОЛИЧЕСТВЕННЫХ И КАЧЕСТВЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В РАЗВИТИИ

§ 1. Качественная и количественная определенность предметов

Объективный процесс развития в природе и обществе подчиняется закону взаимного перехода количественных и качественных изменений, который неразрывно связан с другими диалектическими законами. Данный закон утверждает, что *в процессе развития количественные изменения в состоянии и свойствах материальных объектов и явлений неизбежно приводят со временем к коренным, качественным изменениям и вновь возникшее качество вызывает новые количественные изменения.*

Прежде чем переходить к раскрытию содержания данного закона, рассмотрим сначала понятия качества, количества и меры, которые здесь являются основными.

Всем материальным объектам и явлениям присуща количественная и качественная определенность, выражающая основные черты и закономерности их существования. *Качество — это внутренняя существенная определенность предмета, которая отличает его от других предметов и без которой он перестал бы быть тем, чем он является.* Под внутренней определенностью понимается совокупность важнейших свойств предмета в их неразрывном единстве. Свойство всегда является более элементарным, чем качество. Оно характеризует качество с одной какой-нибудь стороны. Объективно свойство выражает какую-нибудь особенность предмета и представляет собой результат его внутренних и внешних связей. Всякое свойство обусловлено как внутренними связями тела, или его структурой, так и внешними связями между данным телом и другими, окружающими его телами. Определенное множество свойств, органически связанных между собой в единое целое, составляет качество предмета. Предметы, обладающие одним качеством, могут различаться между собой в количественном отношении, благодаря чему каждое качество имеет множество количественных градаций.

Количество представляет собой объективную степень различия предметов и явлений, имеющих однородные свойства. Оно выражает определенность предметов со стороны их пространственных размеров, темпа изменения, различных числовых характеристик, относящихся к конкретным свойствам материальных объектов и явлений. Для того чтобы найти количественную определенность предмета, необходимо сравнить его по *однородным* свойствам с другим предметом, принятым за эталон, или за отправную величину для измерения. Например, определение веса тела требует сопоставления его массы с массой эталона — грамма, килограмма и т. п.

Одно и то же количество может быть присуще явлениям, обладающим самыми различными качествами, в силу чего количество выражает нечто общее в явлениях. Эта особенность обусловлена тем, что количество характеризует отношение между однородными свойствами самых различных предметов и явлений, безотносительно к тому, каковы эти свойства.

Отношение между свойствами можно выразить посредством некоторого числа. Число не тождественно количеству, хотя и тесно связано с ним. Количественная определенность предполагает не число само по себе, а число, отнесенное к какому-нибудь свойству предмета или к самим предметам. Например, если назвать цифру 100, то это еще ничего не будет значить. Но если эта цифра выражает число граммов в теле или его длину в миллиметрах, то мы будем иметь уже некоторую количественную характеристику тела. Числовое выражение количества относительно, поскольку оно зависит от принятой единицы измерения. Так, длину тел можно выражать в метрах, сантиметрах, миллиметрах и т. д., и каждый раз будут получаться различные числа. Однако если привести во взаимное соответствие данные единицы измерения, то мы получим вполне определенную количественную характеристику предмета.

Нахождение количественной определенности тел всегда требует их сравнения между собой, а следовательно, соответствующих эталонов, или отправных величин для измерения. Во многих случаях подобные эталоны и величины уже найдены, в силу чего соответствующие явления поддаются точному количественному описанию.

Вместе с тем есть много таких явлений, для которых еще не установлены какие-либо точные количественные эталоны. Особенно это относится ко многим биологическим и общественным явлениям, например к различным физическим и духовным особенностям людей: их достоинствам, недостаткам, чувствам, характеру восприятия ими внешних явлений и т. п. Все эти явления описываются в настоящее время лишь в общем качественном виде. Но, очевидно, и данным явлениям присуща некоторая объективная количественная определенность. Доказательством этому является хотя бы тот факт, что мы всегда имеем возможность сравнивать данные явления и высказывать о них вполне определенное суждение. В будущем, по мере прогресса науки, постепенно будет выявляться все больше количественных сторон в любых, даже самых сложных общественных явлениях. В соответствии с этим расширятся возможности применения математических методов.

Многие явления в принципе допускают их описание на основе соответствующих весьма сложных уравнений. К числу таких явлений относятся те, в которых причинная связь имеет функциональный характер, т. е. в которых существует такая постоянная и устойчивая взаимозависимость явлений, что изменение одних из них вызывает не какое угодно произвольное изменение других, а вполне определенное, соответствующее закону функциональной связи. Многие сложные биологические и общественные явления, в настоящее время кажущиеся совершенно недоступными для математического описания, включают в себя функциональные причинные связи и поэтому могут быть в принципе описаны математически. Большинство уравнений, которые могут быть получены здесь, будут выражать статистические закономерности. В настоящее время уже достигнуты первые успехи в этом направлении и статистические методы широко используются для исследования количественных закономерностей на транспорте, производстве, в торговле и т. п.

Между количественной и качественной сторонами явлений существует неразрывная связь, которая находит свое выражение в понятии меры. Данное понятие выражает тот факт, что любое качество может сочетаться не со всякими количественными характеристиками, а лишь с такими, которые лежат в определенных пределах, специфичных для данного предмета. Если постоянно изменять количественные характеристики предмета, то на определенном этапе он неизбежно утратит свое первоначальное качество. Так, металлы сохраняют свою прочность и твердость в довольно широком диапазоне температур, но если температура будет достаточно высокой, то металл утратит указанные механические качества и расплавится или даже может испариться. Таким образом, *мера — это определенный интервал количественных характеристик или изменений, в рамках которого может существовать данное качество.*

Те поворотные пункты, начиная с которых количественные изменения приводят к коренным, качественным изменениям, называются границами меры. В физике границами меры будут различные константы, выражающие переход веществ из одних агрегатных состояний в другие, например твердых тел в жидкость (температура плавления), жидкости — в пар (температура кипения) и т. п.

Понятие меры имеет значение не только применительно к качеству тел, но и к их свойствам, каждое из которых входит в состав качества. Почти каждое свойство может иметь не какие угодно значения, а лишь определенные, т. е. оно существует в некоторых пределах, за которыми происходит переход в область совершенно других явлений, не обладающих данными свойствами. Например, если непрерывно уменьшать количественные значения твердости, плотности, упругости, теплопроводности, электропроводности и других свойств тел, то на определенном этапе они потеряют смысл, так как мы перейдем в мир атомных масштабов, а атомам и элементарным частицам большинство данных свойств не присуще. Из всех свойств материальных объектов, по-видимому, лишь пространственно-временные и энергетические характеристики могут иметь сколько угодно большие и малые значения, поскольку пространство, время и

Нахождение количественной определенности тел всегда требует их сравнения между собой, а следовательно, соответствующих эталонов, или отправных величин для измерения. Во многих случаях подобные эталоны и величины уже найдены, в силу чего соответствующие явления поддаются точному количественному описанию.

Вместе с тем есть много таких явлений, для которых еще не установлены какие-либо точные количественные эталоны. Особенно это относится ко многим биологическим и общественным явлениям, например к различным физическим и духовным особенностям людей: их достоинствам, недостаткам, чувствам, характеру восприятия ими внешних явлений и т. п. Все эти явления описываются в настоящее время лишь в общем качественном виде. Но, очевидно, и данным явлениям присуща некоторая объективная количественная определенность. Доказательством этому является хотя бы тот факт, что мы всегда имеем возможность сравнивать данные явления и высказывать о них вполне определенное суждение. В будущем, по мере прогресса науки, постепенно будет выявляться все больше количественных сторон в любых, даже самых сложных общественных явлениях. В соответствии с этим расширятся возможности применения математических методов.

Многие явления в принципе допускают их описание на основе соответствующих весьма сложных уравнений. К числу таких явлений относятся те, в которых причинная связь имеет функциональный характер, т. е. в которых существует такая постоянная и устойчивая взаимозависимость явлений, что изменение одних из них вызывает не какое угодно произвольное изменение других, а вполне определенное, соответствующее закону функциональной связи. Многие сложные биологические и общественные явления, в настоящее время кажущиеся совершенно недоступными для математического описания, включают в себя функциональные причинные связи и поэтому могут быть в принципе описаны математически. Большинство уравнений, которые могут быть получены здесь, будут выражать статистические закономерности. В настоящее время уже достигнуты первые успехи в этом направлении и статистические методы широко используются для исследования количественных закономерностей на транспорте, производстве, в торговле и т. п.

Между количественной и качественной сторонами явлений существует неразрывная связь, которая находит свое выражение в понятии меры. Данное понятие выражает тот факт, что любое качество может сочетаться не со всякими количественными характеристиками, а лишь с такими, которые лежат в определенных пределах, специфичных для данного предмета. Если постоянно изменять количественные характеристики предмета, то на определенном этапе он неизбежно утратит свое первоначальное качество. Так, металлы сохраняют свою прочность и твердость в довольно широком диапазоне температур, но если температура будет достаточно высокой, то металл утратит указанные механические качества и расплавится или даже может испариться. Таким образом, *мера — это определенный интервал количественных характеристик или изменений, в рамках которого может существовать данное качество.*

Те поворотные пункты, начиная с которых количественные изменения приводят к коренным, качественным изменениям, называются границами меры. В физике границами меры будут различные константы, выражающие переход веществ из одних агрегатных состояний в другие, например твердых тел в жидкость (температура плавления), жидкости — в пар (температура кипения) и т. п.

Понятие меры имеет значение не только применительно к качеству тел, но и к их свойствам, каждое из которых входит в состав качества. Почти каждое свойство может иметь не какие угодно значения, а лишь определенные, т. е. оно существует в некоторых пределах, за которыми происходит переход в область совершенно других явлений, не обладающих данными свойствами. Например, если непрерывно уменьшать количественные значения твердости, плотности, упругости, теплопроводности, электропроводности и других свойств тел, то на определенном этапе они потеряют смысл, так как мы перейдем в мир атомных масштабов, а атомам и элементарным частицам большинство данных свойств не присуще. Из всех свойств материальных объектов, по-видимому, лишь пространственно-временные и энергетические характеристики могут иметь сколько угодно большие и малые значения, поскольку пространство, время и

движение являются всеобщими формами бытия материи. Все же другие свойства могут быть присущи лишь определенным формам структурной организации материи и не являются всеобщими.

Различие между качественной и количественной определенностью предметов относительно, и его нельзя абсолютизировать. То, что выступает как качество в одних связях, в других связях может сводиться к множеству количественных характеристик. И наоборот, изменения, являющиеся количественными в одной области явлений, могут быть качественными в другой. Например, различные агрегатные состояния одного и того же вещества рассматриваются как разные качества (вода, пар и лед). Но в отношении своего химического строения вещество во всех агрегатных состояниях остается одним и тем же, и различие между данными состояниями определяется главным образом величиной энергии связи между молекулами. В жидкостях энергия связи гораздо больше, чем в газах, а в твердых телах — намного больше, чем в жидкостях.

Рассматривая превращение одного химического элемента в другой в результате ядерных реакций, мы говорим, что здесь происходит превращение одного качества в другое. Однако в плане микроструктуры атомов данные превращения сводятся лишь к количественным изменениям в числе, взаимном расположении и энергии связи протонов и нейтронов в атомных ядрах. Сами же элементарные частицы остаются при этом в основном теми же самыми.

Из одного и того же металла, например из стали, можно отливать самые различные предметы: детали машин, статуи, рельсы, предметы обихода и т. п. Все эти тела будут представлять собой различные качества. Но их химическое строение одно и то же, и различие между ними будет определяться лишь величиной, формой и порядком сочетания элементов данного вещества.

Таким образом, мы видим, что качество предметов относительно и зависит *от внутренней и внешней формы организации материальных элементов*. Та форма организации, которая в одних отношениях выступает как качественная определенность, в других отношениях будет сводиться к множеству количественных характеристик, и наоборот.

Относительность качества проявляется и в следующем. Каждый предмет, как конкретная форма материи, обладает одним каким-то качеством, без которого он перестал бы быть тем, чем он является. Но материя, составляющая его, обладает бесконечно многими качествами, ибо она неисчерпаема вглубь. То качество, которое является основным для данного предмета, будет лишь одним из многообразных аспектов для материи как субстанции. В самой материи каждое из конкретных качеств существует в виде *возможности*. Но, как только материя приобретает какую-нибудь конкретную форму, соответствующее качество как бы выступает на первый план, становясь качеством возникшего предмета. Другие качества материи в этом предмете будут существовать лишь в потенции, но каждое из них в свою очередь может выступить на первый план, стать действительностью, как только произойдет превращение предмета в другой предмет и материя примет иную конкретную форму.

Каково же в таком случае различие между качеством и свойством материи? Качество состоит из определенной совокупности свойств. Однако в каждое данное качество входят не все свойства, присущие *материи* данного тела, а лишь некоторая часть этих свойств. Материя, как субстанция, бесконечна в своем строении и обладает бесчисленным множеством свойств, всякое же качество состоит из ограниченного, хотя, может быть, и очень большого, числа свойств. Если общее количество свойств, присущих материи, обозначить как множество некоторого высшего порядка, то всякое качество будет состоять из подмножества свойств. Другие же подмножества будут составлять другие качества. При этом каждое качество может объединять в себе не какие угодно свойства, а лишь находящиеся во внутренней органической связи между собой.

Поскольку количество свойств материи бесконечно, а каждое из качеств состоит из ограниченного числа свойств, то бесконечным будет и число качеств, присущих материи любого тела. При этом каждое качество будет выражать внутреннюю определенность материального объекта в некоторых его связях и отношениях.

Рассмотрим теперь подробнее, в чем проявляется количественная и качественная неисчерпаемость материи,

так как это весьма важно для понимания неуничтожимости развития материи во вселенной.

Качественная неисчерпаемость материи находит свое выражение в том, что в природе существует бесчисленное множество форм структурной организации материи, каждая из которых подчиняется своим специфическим закономерностям. В настоящее время известны следующие важнейшие формы материи: элементарные частицы и поля, атомы, молекулы, макроскопические тела, космические системы. Границы современного знания простираются от масштабов $7 \cdot 10^{-14}$ *см* до $3 \cdot 10^{27}$ *см*. Каждая из известных форм структурной организации обладает специфическими свойствами и законами развития, которые несводимы к законам других форм. Такие качественно своеобразные законы мы находим в микромире, макромире и в масштабе гигантских космических систем.

Отсюда следует, что нет никаких оснований распространять специфические законы и свойства, выведенные для одной группы явлений, на все другие процессы или на всю бесконечную вселенную. Такая экстраполяция неизбежно будет служить источником серьезных теоретических ошибок и приводить к реакционным идеалистическим теориям, как это случилось, например, при распространении на всю вселенную второго закона термодинамики.

Каждый конкретный закон движения и развития имеет ограниченную сферу применения, и поэтому было бы неправильно искать всюду во вселенной те же формы развития, которые встречаются в известных областях. Это, конечно, не значит, что указанные формы структурной организации материи разделены непроходимыми гранями. Развитие микрочастиц оказывает влияние на развитие макроскопических тел, а через них — и на космические системы. Имеется обратное влияние форм развития в космосе на развитие в микромире. Но на каждом из этих уровней структурной организации материи процесс развития протекает по-своему и приводит к качественно различным результатам.

Что касается количественной бесконечности материи, то она имеет различные проявления. Во-первых, она выражается в том, что материи, как субстанции, присуще бесчисленное множество свойств и количественных характеристик, о чем уже говорилось выше. И, во-вторых,

она проявляется в бесконечности пространственного распределения материи в масштабе космоса и вглубь, в ее микроструктуре. Как бы велики ни были размеры материальной системы, всегда найдется система или совокупность тел большего порядка, которая будет включать в себя данную систему в качестве своего составного элемента. Данное положение является принципиальным для понимания бесконечности вселенной, и всякое обратное суждение оказывается логически несостоятельным.

Предположение о том, что еще большая совокупность тел не найдется, приводит к непреодолимым противоречиям. Оно означает установление некоторых пределов для пространственного распределения материи. Но установление предела для чего-либо уже по самому своему смыслу предполагает возможность выхода за этот предел, переход к чему-то более общему. Если же невозможно указать это более общее, то нет смысла говорить и о существовании самого предела, так как он ни в чем не будет проявляться. Но переход к более общему принципиально исключает возможность ограничения материи в пространстве, указывая на ее бесконечность. Таким образом, мы не можем говорить об ограниченности материи в пространстве, не приходя к непримиримым логическим противоречиям. Только признание бесконечности материи в пространстве и во времени оказывается совместимым с последовательным рациональным пониманием мира.

Количественная бесконечность материи в масштабе космоса находит свое необходимое дополнение в бесконечности материи вглубь, в ее структурной организации. Обе эти бесконечности неразрывно связаны между собой, являясь как бы отражением друг друга. Эту связь можно проиллюстрировать следующим образом. Представим себе, что весь бесконечный объем вселенной подразделен на множество меньших объемов, каждый из которых равен, допустим, 1 $см^3$. Мы получим бесконечное множество кубических сантиметров. Теперь возьмем один кубический сантиметр и попытаемся подразделить его на еще меньшие объемы. В 1 $см^3$ найдется *также много* элементов объема, как кубических сантиметров во всей бесконечной вселенной. Для этого каждому кубическому сантиметру общего объема космоса мы можем поставить во взаимно однозначное соответствие некоторый элемент

объема в 1 $см^3$, причем такой элемент всегда найдется, как бы велики ни были размеры сопоставляемой области вселенной. Для этого придется лишь неограниченно уменьшать элементы в малом объеме. Таким образом, каждое тело можно подразделить на бесчисленное множество элементов материи, безотносительно к тому, каковы могут быть их свойства.

Разумеется, данное бесконечное деление материи является лишь мысленной операцией. Реальное строение материи неизмеримо сложнее, чем любая ее математическая схема, поскольку материя неисчерпаема и в качественном отношении, в смысле многообразия свойств и законов, присущих ее различным формам структурной организации. Но наличие в каждом теле бесчисленного множества элементов материи имеет принципиальное значение для понимания ее количественной определенности. Отсюда следует, что нельзя указать какое-нибудь одно свойство, которое полностью выражало бы общее количество материи в телах, как не существует свойства, целиком выражающего качественную определенность материи. Как количественная, так и качественная определенность материи находят свое полное выражение не в одном каком-либо свойстве материи, а во *всей* совокупности бесконечно разнообразных свойств *всех* существующих в данном пространстве видов материи.

Данный вывод в корне отличен от того взгляда на материю, который существовал в классической физике и всей предшествовавшей диалектическому материализму философии. В классической физике принималось, что объективно в каждом теле существует конечное количество материи, и мерой такого количества считалась масса. Логической основой подобного взгляда являлось понимание материи как совокупности неделимых бесструктурных атомов. Считалось, что определение числа атомов в теле дает возможность узнать полное количество материи в нем, поскольку, кроме атомов, не существует никаких других последних частиц материи. Число атомов пропорционально массе тела, и поэтому масса представляет собой меру количества материи.

С точки зрения современных представлений о материи, подобные взгляды уже не могут быть признаны правильными. Если бы даже нам удалось подсчитать общее

число атомов в теле, то все равно это еще не дало бы знания полного количества материи, ибо мы не знаем, сколько материи заключено в одном атоме. Ведь сам атом обладает неисчерпаемо сложным строением, и в нем имеется бесконечное множество других элементов материи с совершенно иными свойствами.

Полное количество материи в каком-нибудь теле можно было бы определить в том случае, если бы из объема пространства, занимаемого данным телом, удалось удалить всю материю. Но эта операция принципиально неосуществима.

Поскольку материя неисчерпаема, то в любом микрообъекте — атоме или электроне — имеется так же бесконечно много элементов материи, как бесконечно много существует их в земном шаре или во всей Галактике. Это может показаться совершенно невероятным, поскольку масса электрона равна $9 \cdot 10^{-28}$ *г*, тогда как масса Земли равна $6 \cdot 10^{27}$ *г*, или в 10^{55} раз больше. Однако здесь речь идет не о равенстве масс (которого, конечно, нет), а об эквивалентности бесконечных множеств элементов материи в электроне и в земном шаре.

Что же касается количества материи, то оно вообще не может быть полностью выражено в одном каком-нибудь свойстве, так же как никакое свойство не может полностью выражать качественную определенность материи как субстанции. Полная количественная и качественная определенность материи может быть выражена через совокупность *свойств всех существующих в данном объеме пространства видов материи.* Поскольку познание всех свойств материи является бесконечным процессом, то таким же неограниченным будет и познание количественной и качественной определенности материи.

Итак, мы видим, что нельзя количественные и качественные характеристики, присущие отдельным видам материи, распространять на материю в целом. Соответственно этому нельзя абсолютизировать и считать универсальными те конкретные формы развития, которые встречаются в ограниченной области явлений. Эти формы представляют собой лишь отдельные звенья бесконечного и неисчерпаемого по своим проявлениям процесса развития природы. Рассмотрим конкретно, как связаны между собой в развитии количественная и качественная стороны явлений.

§ 2. Переход количественных изменений в качественные

В процессе развития всех явлений материального мира количественные изменения в их свойствах со временем неизбежно приводят к коренным, качественным изменениям. Данная закономерность имеет всеобщий характер, она действует на всех уровнях структурной организации материи.

С точки зрения диалектического материализма многообразные качества вещей возникают в результате длительного закономерного развития материи, в котором каждое последующее состояние существенно отличается от предыдущего вследствие возникновения в развитии принципиально новых причинных связей и свойств материальных объектов.

Свойства макроскопических тел нельзя отождествлять со свойствами микроявлений. Микрочастицам присущи лишь некоторые свойства макроскопических тел: масса, электрический заряд и магнитный момент. Другие же их свойства — спин, принадлежность к определенному типу статистики, четность, мезонные заряды и т. д.— являются специфически квантовыми и не имеют аналогов в макромире.

При объединении частиц в системы большего порядка их свойства складываются различным образом. Некоторые из них суммируются так, что сохраняются и в возникшей системе. Подобное *аддитивное* сложение имеет место в случае массы, электрического заряда и магнитного момента, благодаря чему данные свойства оказываются присущими и макроскопическим телам. Что же касается других, специфически квантовых свойств, то при объединении частиц в макроскопические системы они складываются между собой *неаддитивно,* т. е. таким образом, что результирующая этого сложения не равна простой алгебраической сумме этих свойств. При этом иногда свойства как бы взаимно погашают друг друга, в силу чего утрачивают значение в области макромира. Но зато вместо них возникает множество новых свойств статистического коллектива, которые ранее были совершенно чужды отдельным частицам. Благодаря неаддитивному сложению свойств количественные изменения

приводят к качественным и происходит скачкообразный переход в новое состояние.

Свойства системы всегда существенно отличны от свойств ее составных элементов. Мы можем мысленно разложить любое тело на составляющие его микрочастицы, учесть свойства каждой частицы и написать для нее соответствующее уравнение. Однако если мы будем отправляться от свойств отдельных частиц, то мы не поймем особенности тела в целом, ибо в уравнениях для частиц просто нет тех параметров, которые характеризуют свойства макроскопических тел, и, сколько бы уравнений мы ни решали, эти параметры не возникнут. Соответствующие свойства появляются лишь в результате объединения частиц в статистический коллектив и характеризуют совершенно новую систему. Именно в результате качественного скачка возникают такие свойства макроскопических тел, как теплопроводность, упругость, способность к определенным химическим реакциям, различные свойства живых организмов. Поэтому уравнение, которое можно было бы сформулировать для описания этих явлений, относилось бы уже не к отдельным микрочастицам, а к макроскопическим системам в целом.

Закон перехода количественных изменений в качественные позволяет не только выяснить происхождение качеств, но и понять причины вечного развития материи в космосе.

В процессе развития всех звезд происходит излучение ими материи и энергии, которая уносится в основном частицами вещества и квантами электромагнитного поля. Газовые потоки и частицы вещества со временем обратно объединяются в диффузные туманности, поглощающие электромагнитное излучение. Если масса и плотность туманности достаточно велики, то начнется гравитационное сжатие системы. В ходе этого процесса энергия гравитационных взаимодействий превратится в тепловую энергию, и, когда температура в недрах системы достигнет нескольких миллионов градусов, начнется мощная термоядерная реакция. Минимальная критическая масса для начала термоядерных реакций равна у водорода примерно 0,05—0,1 массы Солнца. Таким образом, количественные изменения в массе системы приводят к резкому качественному изменению ее состояния, к превращению

холодной туманности в звезду и возобновлению нового цикла развития материи.

Благодаря действию закона перехода количественных изменений в качественные (наряду с другими диалектическими законами) развитие материи во вселенной является вечным и непрекращающимся процессом.

Рассматриваемый закон обусловливает непрерывное усложнение форм материи и движения. Образование химических элементов в недрах звезд происходит в результате объединения протонов и нейтронов в атомные ядра. Изменение количества нуклонов в ядре, а также энергии связи между ними ведет к превращению одного химического элемента в другой. Аналогичным образом все качественные изменения химических соединений определяются изменением числа атомов в молекулах, перераспределением связей между ними, перестройкой электронных оболочек атомов и молекул.

Развитие материи в природе происходит как единство количественных и качественных изменений. Количественное увеличение элементарных частиц в атомах не может продолжаться безгранично, а имеет некоторый верхний предел. Однако это не значит, что развитие материи на этом прекращается. В процессе развития атомов происходит скачок, связанный с образованием молекул, и, таким образом, усложнение материи продолжается уже в другой области явлений. В молекулах может быть гораздо больше атомов, чем элементарных частиц в атомах, но и здесь число атомов не может возрастать безгранично. Тем не менее задолго до исчерпания возможностей усложнения молекул развитие продолжается уже в области макроскопических явлений, где в ходе эволюции живого вещества происходит образование все более сложных органических форм и усовершенствование способности отражения.

В результате действия закона перехода количественных изменений в качественные *в процессе развития материи и образования все более сложных и высокоорганизованных ее форм постоянно возрастает качественное многообразие явлений.*

Из известных ныне элементарных частиц устойчивых разновидностей существует лишь несколько. У атомов число устойчивых разновидностей становится уже намного большим. Стабильных химических соединений и

соответствующих им разновидностей молекул в природе существует уже десятки тысяч, не считая огромного количества тех соединений, которые искусственно синтезированы человеком. В области живой природы качественное многообразие явлений возрастает. В настоящее время известно более 300 тыс. видов растений и свыше миллиона видов животных, причем каждый вид представляет собой особое качество.

Формы перехода от старого качества к новому многообразны, они зависят от внутренних особенностей явления и от внешних условий его протекания. Переход от старого качества к новому связан со скачком, или перерывом постепенности.

Скачок представляет собой фазу коренного изменения качественного состояния, когда новые условия и внутренние связи в системе становятся несовместимыми со старой формой ее строения и последняя подвергается ломке. Скачок происходит в области границы меры, где новые количественные характеристики уже не могут существовать в рамках прежнего качества и вызывают появление нового качества. Фаза, представляющая скачок, может иметь различную протяженность во времени. В одних случаях скачок происходит относительно быстро и внезапно, в других — постепенно и медленно, распадаясь на множество качественных изменений или скачков меньшего масштаба.

Понятия «быстрого» и «медленного» скачка относительны, так как они имеют смысл не сами по себе, а лишь по отношению ко времени существования предшествующего состояния. А именно: если период коренного перехода от старого качества к новому относительно мал по сравнению с длительностью предшествующего основного состояния, то скачок будет быстрым; в противном случае он будет медленным. Абсолютная же величина времени для данного сравнения не имеет принципиального значения. Так, процесс очеловечения обезьяны кажется необычайно медленным по сравнению с современными темпами жизни, поскольку он происходил сотни тысяч лет. Однако в развитии живой природы это был сравнительно быстрый скачок, поскольку предшествовавшая стадия существования предков человека и накопления необходимых предпосылок для превращения

обезьяны в человека длилась, по-видимому, десятки миллионов лет.

С другой стороны, некоторые ядерные реакции, происходящие за миллионные доли секунды, кажутся нам очень быстрыми. Однако те же качественные переходы могут быть медленными по сравнению с теми кратковременными процессами или неустойчивыми состояниями ядра, которые были предварительной фазой и непосредственно вызвали их.

Многообразие форм перехода от старого качества к новому проявляется не только в различии их протяженности во времени, но и в других отношениях. В одних случаях скачку предшествует относительно длительное накопление количественных изменений и сам скачок происходит лишь после того, как новые количественные характеристики становятся несовместимыми со старой формой организации системы. Но в других случаях количественные изменения *сразу же* вызывают переход к новому качеству, без предшествующего накопления этих изменений. Например, если атомное ядро поглощает или излучает один протон, то это сразу же вызывает его превращение в ядро качественно иного элемента, без каких-нибудь предварительных количественных накоплений. Аналогичным образом любое изменение числа атомов в молекуле сразу же вызывает превращение ее в молекулу другого вещества. Подобные явления возможны потому, что в микромире имеет место дискретность, или прерывность, действия. Поэтому атом или другой микрообъект может совсем не поглощать энергии внешнего воздействия, если эта энергия меньше некоторой критической величины. Но если происходит превышение данной величины, то энергия поглощается целиком, и тогда атом скачкообразно переходит в новое стационарное состояние.

Каково взаимоотношение между количеством и качеством во время постепенных количественных изменений? Можно ли говорить о каком-нибудь изменении качества до того, как совершится скачок? Очевидно, это возможно. Предварительная стадия существования системы может быть названа количественными изменениями лишь по отношению к последующему сравнительно быстрому скачку, но не сама по себе. Если же эту стадию рассматривать в ее внутренней связи, то в ней можно будет заметить не только количественные, но и качественные изменения в *пределах рассматриваемого качества.* Например, нагревание воды до 100° С выступает как количественное изменение лишь по отношению к последующему быстрому превращению воды в пар. Но если рассматривать это нагревание само по себе, то оно может включать в себя и некоторое изменение качества воды в пределах ее жидкого состояния: при 4°С плотность воды становится наибольшей, с дальнейшим повышением температуры существенно увеличивается растворимость многих веществ и т. д.

Развитие сверхновой звезды до периода ее вспышки является количественным изменением лишь по отношению к фазе вспышки, но, взятое в его внутренней связи, оно включает в себя и некоторое качественное изменение звезды, проявляющееся в изменении ее внутреннего строения, спектральных характеристик, интенсивности в ней ядерных реакций и т. п. Во всех данных случаях *происходит как бы количественное изменение старого качества.* Таким образом, изменения, являющиеся количественными в одних связях, могут быть качественными в других, и наоборот. Это обусловлено тем, что всякое качество не является чем-то застывшим, а всегда выступает как процесс, как промежуточная стадия между прошлым и будущим состоянием.

Относительность противопоставления количественных и качественных изменений проявляется особо четко в тех случаях, когда переход от старого качества к новому происходит постепенно, без резкого перелома. В природе таким образом происходит испарение жидкостей (без подогревания до температуры кипения), изменение географической среды, заболачивание озер и прудов, засоление морей и океанов, образование торфа, угля, нефти и других полезных ископаемых. Постепенное изменение качества имеет место в развитии туманностей, звезд и планет, в эволюции растительных и животных видов, в том числе при биологической эволюции человека. Аналогичным образом в обществе происходит развитие языка, изменение его словарного состава и грамматического строя.

В некоторых случаях постепенным можно сделать такой переход, который в обычных условиях протекает в виде относительно быстрого скачка. Так, например,

если воду, спирт, эфир или другую жидкость нагревать в закрытом сосуде при увеличивающемся давлении, то на некоторой стадии эта жидкость будет переходить в парообразное состояние не скачком, а непрерывно. В опыте с водой необходимая для этого критическая температура равна 374° С и давление — 218,5 *кг/см²*. Непрерывно переходят из твердого состояния в жидкое стекло, смола и некоторые другие вещества.

При постепенном переходе в новое состояние развитие выступает как единство количественных и качественных изменений. Учитывая, что количественные изменения выражают момент непрерывности в развитии, а качественные — прерывности (перерыва постепенности), можно сказать, что развитие представляет собой здесь единство прерывности и непрерывности. Большой постепенный качественный переход возникает в указанных случаях в результате последовательного сложения множества скачков меньшего масштаба. Так, переход жидкостей в парообразное состояние происходит в результате последовательного вылета молекул жидкости за пределы поверхностного слоя и распределения их между молекулами воздуха, что собственно и является «испарением молекул». Образование нового биологического вида является результатом последовательных изменений в структуре, функциях и наследственности многих особей данного вида. Качественные изменения в развитии языка за сотни лет возникают в результате большого количества изменений в словарном фонде и грамматическом строе языка, вызванных изменением общественной жизни. Казалось бы, во всех случаях постепенного перехода к новому качеству нет никаких скачков. Но, как отмечал Ф. Энгельс, «в природе нет скачков *именно потому,* что она слагается сплошь из скачков»[1].

В основе непрерывного качественного перехода лежит большое количество дискретных, или прерывных, изменений. И здесь мы снова сталкиваемся с тем положением, что количественные изменения в одной цепи явлений могут быть качественными в другой.

Следует заметить, однако, что все постепенные изменения в большинстве случаев не являются совершенно равномерными и одинаковыми на всех этапах, а могут

[1] *Ф. Энгельс,* Диалектика природы, стр. 217.

происходить то более быстрыми, то замедленными темпами. Поэтому всегда можно выделить в общем ходе изменения некоторый «перерыв постепенности», связав его с убыстрением темпов. Этот перерыв будет одним из важнейших элементов скачка, тогда как в целом скачок представляет собой фазу коренного изменения качества и перехода в принципиально иное состояние.

В ряде случаев единство количественных и качественных изменений возможно связать с понятиями эволюции и революции, которые характеризуют две важные формы развития. Эволюция выражает постепенные изменения, тогда как революция — коренные, качественные преобразования в развитии экономического базиса, надстройки, производительных сил, науки и др. При эволюции происходит постепенное изменение качества с сохранением его существенной определенности, тогда как в период революции старое качество подвергается коренной ломке и в относительно короткие сроки на его основе создается совершенно новое качество.

Понятие революции применимо только к общественным явлениям, поскольку революция всегда связана с действием субъективного фактора, отсутствующего в природе. Хотя в природе и бывают быстрые скачки, однако они имеют совершенно иной характер и содержание, чем революции в обществе, и понятие революции применительно к ним является искусственной метафорой. В силу этого эволюция и революция в их неразрывной связи друг с другом не являются всеобщими формами развития, а представляют собой особые формы развития в рамках общественных явлений. В области природы существуют эволюционные процессы, но они не предполагают необходимость революций. Понятие эволюции в естествознании употребляется как синоним постепенного изменения или развития. В таком смысле говорят об эволюции звезд, растительных и животных видов и т. д.

По отношению к революции эволюция выступает в виде количественных изменений данного качества. Но, взятая в своей собственной внутренней связи, эволюция может включать в себя также и некоторые изменения качества в пределах данной области явлений. В. И. Ленин писал: «Если все развивается, значит все переходит из одного в другое, ибо развитие заведомо не есть простой, всеобщий и вечный *рост, увеличение* (respective умень-

шение) etc.— Раз так, то... надо *точнее* понять эволюцию, как возникновение и уничтожение всего, взаимопереходы»[1].

Итак, подводя итоги, мы можем сказать, что всюду развитие представляет собой единство количественных и качественных изменений. Конкретные формы перехода от старого качества к новому зависят от внутренней природы явлений и от внешних условий их протекания.

§ 3. Влияние качественных изменений на количественные

Если количественные изменения в состоянии систем приводят со временем к коренным, качественным изменениям, то и новое качественное состояние вызывает иные темпы и закономерности количественных изменений. Новое качество всегда подчиняется уже некоторому другому закону изменения, вследствие чего прежние количественные характеристики к нему оказываются неприменимыми и уступают место другим величинам и отношениям. Развитие в этом случае происходит таким образом, как если бы новое качество переходило в количество. Влияние нового качества на характер количественных изменений можно отчетливо проследить во всех явлениях природы и общества. Рассмотрим, как оно проявляется в природе на различных уровнях качественной организации материи. Возьмем в качестве примера изменение энергии связи или силы сцепления между элементами системы при переходе от одних систем к другим.

В космических системах типа нашей Галактики или солнечной системы энергия связи, приходящаяся на единицу массы, относительно невелика. Здесь между телами действуют лишь силы тяготения, которые пропорциональны массам тел и обратно пропорциональны квадрату расстояния между ними, в соответствии с известным законом тяготения Ньютона. При переходе от космических систем к окружающим нас макроскопическим телам энергия связи резко возрастает. В твердых телах и в жидкостях между молекулами помимо гравитационных сил действуют электрические силы, которые намного увеличивают прочность сцепления между частицами, составляющими тело. У некоторых сплавов, например у хромоникелевой стали, прочность на разрыв достигает 180 *кг* на квадратный миллиметр сечения провода.

[1] *В. И. Ленин*, Соч., т. 38, стр. 251.

Но эти молекулярные силы не идут ни в какое сравнение с теми огромными силами, которые связывают электроны и атомные ядра в атомы. Чтобы представить величину внутриатомных сил, предположим, что каким-нибудь образом удалось расщепить 1 *кг* водорода отдельно на протоны и отдельно на электроны и составить два суммарных электрических заряда противоположных знаков. Тогда на расстоянии 1 *см* между этими зарядами действовала бы сила притяжения, равная $8,3 \cdot 10^{26}$ *т*. Для того чтобы уравновесить эту силу, к одному из зарядов пришлось бы «подвесить» массу вещества в 140 тыс. земных шаров (масса Земли равна $6 \cdot 10^{21}$ *т*).

Но, как ни велики эти силы, в атомных ядрах имеются еще более прочные силы сцепления между нуклонами, которые примерно в тысячу раз превышают силу сцепления между электроном и ядром, приходящуюся на единицу массы. Для того чтобы выбить из устойчивого ядра нуклон, необходимо затратить энергию в несколько миллионов электроновольт, тогда как для отрыва электрона от ядра достаточно нескольких электроновольт (масса протона в 1836 раз больше массы электрона).

Соответственно увеличению сил притяжения возрастают и противоположные им силы отталкивания различного рода, благодаря чему всякая устойчивая система существует в динамическом равновесии. Таким образом, важнейшие количественные характеристики систем резко изменяются по мере перехода от одной системы к качественно другой.

Энергия связи может быть практически использована человеком, причем по мере проникновения в структуру материи все более возрастает величина получаемой энергии, приходящаяся на единицу массы рабочего вещества. В гидроэлектростанциях, где электрическая энергия получается за счет энергии падения воды, используется лишь энергия гравитационного взаимодействия между водой и Землей. Величина получаемой энергии на единицу массы воды здесь очень невелика. При сжигании различных видов топлива уже используется энергия электромагнитного взаимодействия между молекулами вещества, а также между атомами в молекулах.

Величина высвобождаемой энергии на единицу массы здесь будет намного больше, чем в первом случае. В настоящее время благодаря развитию ядерной энергетики удается использовать энергию связи протонов и нейтронов в ядре. Выделяющаяся здесь энергия в миллионы раз превосходит энергию горения угля и нефти (на единицу массы «топлива»).

Можно ли закономерность увеличения энергии связи с уменьшением размеров систем распространять и дальше, за пределы атомных ядер, применив ее к самим элементарным частицам? Очевидно, это возможно, поскольку во всех известных реакциях, приводящих к расщеплению атомов и атомных ядер, элементарные частицы не расщепляются, а лишь превращаются из одних форм в другие. Однако сложность элементарных частиц должна быть совершенно иного рода, чем сложность всех других известных форм материи. К элементарным частицам неприменимо понятие механической составной системы, они являются качественно новыми формами структурной организации материи. Для того чтобы убедиться в этом, рассмотрим, чем характеризуется всякая механическая составная система.

Механическая система представляет собой такое образование, в котором энергия связи между его элементами больше кинетической энергии движения этих элементов, а также энергии внешних воздействий. Для того чтобы расщепить эту систему, необходимо, следовательно, чтобы энергия внешнего воздействия превысила энергию внутренних связей. Во всех механических системах требующаяся для расщепления энергия во много раз меньше, чем собственная энергия системы, соответствующая ее массе покоя. Например, куску стали весом в 100 *г* соответствует, по закону $E=MC^2$, собственная энергия порядка 10^{23} эрг. Но для полного расщепления данного куска на атомы, т. е. для его испарения, требуется энергия в миллионы раз меньшая. Даже для полного расщепления атомных ядер на протоны и нейтроны требуется энергия в сто с лишним раз меньшая, чем собственная энергия ядра $E=MC^2$.

С элементарными частицами дело обстоит совершенно иначе. Эти микрообъекты не расщепляются, если даже энергия внешних воздействий на них во много раз превышает их собственную энергию. Например, собственная энергия электрона составляет 500 тыс. электроновольт. Однако электрон не расщепляется и в том случае, если налетающая на него частица имеет энергию в 400 млн. электроновольт, т. е. в 800 раз большую. В этом случае происходит лишь превращение электрона и налетающей частицы в другие микрообъекты, например образование электронно-позитронных пар, порождение мезонов и т. п. При этом возникающие частицы тоже являются элементарными, т. е. такими, которые взаимодействуют как единое целое во всех доступных современным приборам процессах и не состоят из каких-либо других известных ныне частиц и полей.

Может показаться, что мы имеем еще недостаточную энергию для расщепления элементарных частиц и что по мере создания все более мощных ускорителей такое расщепление будет возможным.

Однако дело не в величине энергии. В космических лучах встречаются частицы с энергией в 10^{18} электроновольт, но и они не вызывают расщепления элементарных частиц, а порождают каскадные ливни. Уже при энергии воздействия на частицу порядка нескольких $E=MC^2$ частица превращается в другие микрообъекты, и дальнейшее повышение энергии с целью вызвать расщепление становится практически бесполезным. Все эти факты требуют совершенно нового подхода к элементарным частицам, ибо они говорят о том, что в данной области понятие механической составной системы неприменимо. Сложность элементарных частиц совершенно другого рода, чем сложность всех известных до сих пор видов материи. Иерархическая лестница соподчиненных *механических* систем обрывается на элементарных частицах, и дальнейшая структурная организация материи подчиняется уже совершенно иным закономерностям. Понятие системы, по-видимому, может быть еще применимо к элементарным частицам, поскольку они обладают сложной структурой и состоят из каких-то элементов материи. Но это — системы особого рода, в корне отличные от механических. Здесь мы сталкиваемся с новым проявлением качественной бесконечности материи.

Из факта возрастания энергии связи с уменьшением размеров систем естественным образом вытекает обратный вывод о том, что с увеличением размеров систем энергия связи между ними должна уменьшаться. В

космических системах между телами действуют только гравитационные силы, которые убывают прямо пропорционально квадрату расстояния между телами. Уменьшение сил связи обусловлено еще и тем, что с увеличением размеров систем неуклонно падает и средняя плотность вещества в них.

Так, если на Земле средняя плотность вещества равна 5,5 *г/см*^{3}, то в солнечной системе она становится равной $4 \cdot 10^{-9}$ *г/см*^{3}, в Галактике — $0{,}5 \cdot 10^{-24}$ *г/см*^{3}, а в масштабе Метагалактики — примерно 10^{-30} *г/см*^{3}. Соответственно уменьшаются и силы притяжения, приходящиеся на единицу массы. Между тем относительная скорость и кинетическая энергия движения систем возрастает с увеличением их размеров. В солнечной системе скорость движения планет вокруг Солнца не превышает 48 *км/сек* (скорость Меркурия), в Галактике звезды вращаются вокруг общего центра тяжести системы со скоростью в несколько сот километров в секунду. Сами галактики движутся относительно друг друга с еще большими скоростями. Как показывают последние измерения красного смещения в спектрах наиболее удаленных галактик, некоторые из них движутся относительно нашей Галактики со скоростью в 70 тыс. *км/сек*, если только красное смещение действительно является следствием эффекта Допплера.

Можно предполагать, что огромной кинетической энергией должна обладать Метагалактика в ее движении относительно других, однородных ей систем.

В силу таких закономерностей может оказаться, что начиная с некоторых, достаточно больших масштабов кинетическая энергия движения систем будет больше энергии гравитационных связей между ними и объединение их в *целостную* систему еще большего порядка станет невозможным из-за нарушения критерия устойчивости системы. Тогда иерархическая последовательность механических систем оборвется в масштабе космоса и дальнейшая структурная организация материи должна будет происходить уже по совершенно другим законам. По-видимому, Метагалактика еще не является такой последней целостной системой и в принципе возможно существование систем еще больших размеров, но эта последовательность целостных систем не может быть бесконечной, а должна иметь некоторый верхний предел.

Справедливость данного положения можно доказать следующим образом. Для того чтобы могла существовать бесконечная иерархическая последовательность систем, элементы каждой из таких систем должны быть связаны между собой настолько прочно, чтобы энергия этих связей превышала кинетическую энергию движения элементов системы, а также энергию внешних воздействий. Если данное условие не будет соблюдено, то любая система не возникнет в ходе исторического развития материи.

Но в том случае, когда система имеет бесконечно большие размеры, должны быть также и бесконечно большие силы притяжения между ее *крайними* элементами, удаленными друг от друга на неограниченное расстояние. Поскольку данная система бесконечна, то любое из окружающих тел обязано входить в нее, и тогда указанные силы притяжения должны были бы как-то сказываться на каждом теле. Под действием этих бесконечных сил тела должны были бы приобретать и бесконечно большие ускорения. Но этого, как известно, не наблюдается, и на любое тело действуют не бесконечные, а ограниченные силы. С другой стороны, любая окружающая система является источником конечных сил.

Отсюда следует, что между любыми, достаточно удаленными друг от друга телами не будет столь прочных сил связи, которые бы превышали кинетическую энергию движения данных тел и смогли бы объединить эти тела в целостную устойчивую систему. Значит, не возникнет и сама данная система. Иерархическая последовательность механических систем будет иметь верхний предел, и по отношению ко всей бесконечной вселенной понятие целостной системы оказывается неприменимым.

Вся вселенная представляет собой бесконечную совокупность относительно автономных систем, между которыми хотя и существует всегда прямая или косвенная связь, но эта связь имеет совершенно иной характер, чем связь между элементами в любой целостной системе. В любой целостной системе связь между элементами является *функциональной*, т. е. изменения одних элементов вызывают не какое угодно произвольное изменение других, а вполне определенное, соответствующее единому закону системы. В бесконечной же вселенной связь

между достаточно удаленными системами не является функциональной, поскольку здесь нет единого закона развития для мира в целом, как нет и единого времени. Каждая материальная система подчиняется собственному закону развития и характеризуется своим ритмом времени, который определяется ее внутренними связями.

Это, конечно, не значит, что принцип всеобщей связи явлений нарушается. Любой материальный объект во вселенной способен оказать воздействие на любой другой объект, сколько угодно удаленный от него. Но эта связь не будет той функциональной взаимозависимостью, которая существует во всякой целостной устойчивой системе.

Влияние нового качества на характер количественных изменений можно проследить и в закономерном убыстрении темпов развития по мере перехода от одного качественного состояния материи к другому, более сложному и высокоорганизованному. Системы неорганической природы развиваются очень медленно, коренные, качественные изменения в их состоянии происходят за периоды в десятки и сотни миллионов лет. Так, например, в диффузном облаке, состоящем из водорода и гелия и имеющем малую плотность, вероятность образования молекул будет очень мала. Подавляющее большинство столкновений микрочастиц будет упругим, а взаимодействия обратимыми. Пройдет очень много времени, прежде чем это облако превратится под действием внутренних сил в более плотное образование, которое в свою очередь может явиться материалом для возникновения звезд.

Живая материя развивается уже значительно быстрее. В период существования жизни на Земле возникли миллионы видов растений и животных, произошел колоссальный прогресс. При этом темпы развития постоянно убыстрялись с прогрессом и возникновением более совершенных форм. Развитие жизни способствовало необычайному убыстрению изменений неорганической материи на поверхности Земли. Живые организмы в течение весьма короткого времени перерабатывают большое количество неорганических веществ, способствуя их перераспределению и усложнению. Так, например, в течение 13 лет через организмы проходит такое количество

углерода, которое в 10 раз превышает все содержание его в земной коре[1].

Убыстрение темпов происходит и в развитии человеческого общества, которое является качественно высшей ступенью. Это убыстрение проявляется в развитии производительных сил, науки и всей духовной культуры. Если при первобытнообщинном строе коренные изменения в производительных силах происходили лишь за десятки тысяч лет, то при рабовладельческом и феодальном строе они совершаются намного быстрее, а за последние сто лет наука и техника достигли в познании и покорении природы бо́льших результатов, чем за всю предшествующую историю человечества. С возникновением человеческого мышления в самой материи появился субъективный фактор, который выступил в качестве одного из ее свойств и проявлений. Но, возникнув, человеческое сознание начало развиваться убыстряющимися темпами. Ограниченность наших органов чувств в познании мира была в значительной мере преодолена путем создания разнообразных и весьма тонких приборов, которые неизмеримо расширили границы воспринимаемого мира. Ныне усовершенствования в способах отражения действительности начинают касаться не только органов чувств, но и самой умственной деятельности человека. Благодаря развитию кибернетики созданы различные устройства, механизирующие некоторые области мышления, связанные с процессами счета, решения уравнений, управления автоматическими линиями на производстве и т. п. Применение электронно-вычислительных машин в данных областях в такой же степени совершенствует способности человеческого мышления, в какой применение телескопа расширяет границы видимого.

Все кибернетические устройства основаны в своем действии на использовании принципа обратной связи. Обратная связь имеется во всех живых организмах, и именно наличие ее обеспечивает нормальное функционирование организма и его единство с условиями существования. Развитие свойства отражения в живой природе по существу представляло собой усовершенствование обратной связи. Высшего своего развития механизм

---

[1] *А. А. Сауков*, Геохимия, Гос. изд-во геологической литературы, М., 1951, стр. 327.

обратной связи достиг у человека, который обладает способностью не только биологически реагировать на результаты своего воздействия на внешний мир, но и подвергать их всестороннему логическому анализу, с тем чтобы найти внутреннюю закономерность в кажущемся хаосе случайностей.

Развитие кибернетики позволило в еще большей степени усовершенствовать некоторые стороны процесса отражения, свойственного нашему мышлению. Вместе с тем оно привело к созданию устройств, обладающих неизмеримо более емкой активной «памятью», чем человеческий мозг. Современные электронно-вычислительные машины способны хранить в своей «памяти» огромный объем информации и очень быстро выдавать требующиеся сведения. Благодаря этому неизмеримо расширились возможности научного прогресса.

Раньше полагали, что развитие науки приведет со временем к накоплению столь большого количества сведений о мире, что люди в процессе обучения не смогут за всю свою жизнь овладеть этими сведениями, в силу чего дальнейший прогресс в науке окажется невозможным. Последние достижения кибернетики требуют полного пересмотра подобных взглядов.

Несомненно, увеличивающийся объем знаний исключает возможность для одного человека быть универсальным специалистом во многих областях науки. Прогресс в познании природы будет связан со все большей дифференциацией наук (наряду с обратным процессом синтеза различных направлений) и все более узкой специализацией людей науки. Но применение кибернетических машин, обладающих необычайно емкой памятью и способных очень быстро решать многие проблемы, хотя и не заменит человеческий мозг, однако позволит в значительной степени компенсировать природные недостатки человека и обеспечит возможность неограниченного прогресса в науке. Таким образом, и в этой области темпы развития будут все более убыстряться с течением времени. Обобщая сказанное, мы можем сделать вывод, что, чем более сложной и высокоорганизованной является данная форма материи и движения, чем более совершенным и прогрессивным является данное общественное явление, тем относительно быстрее и интенсивнее темпы его развития. И, наоборот, по мере перехода к относительно менее сложным формам материи и движения темпы развития будут замедляться.

Замедление темпов развития материи может быть обусловлено не только упрощением структурной организации материи, но и совершенно иными факторами, связанными с характером пространственного распределения вещества. А именно: темпы развития и изменения будут тем медленнее, чем значительнее размеры и выше порядок данной материальной системы. Этот факт нетрудно объяснить физически, на основе учета характера взаимодействия тел.

С увеличением расстояний требуется все большее время для передачи энергии от одних тел к другим. В силу конечности скорости распространения взаимодействий изменение состояния одной какой-нибудь системы не сразу вызовет изменение состояния другой.

Последняя отражает в себе данное изменение лишь через определенное время, тем большее, чем значительнее расстояние между системами. С увеличением расстояний уменьшается и сила воздействия на систему. Результатом всех этих факторов будет общее замедление темпов изменения и развития с переходом ко все большим системам. Для всей вселенной, в которой силы взаимодействия между бесконечно удаленными телами являются бесконечно малыми, темп изменения одних ее областей под влиянием других является необычайно медленным. Но поскольку вселенная существует вечно, то в масштабе вечности эти изменения будут сколько угодно большими, хотя и неопределенными. Здесь нельзя сказать, от какого состояния вселенная исходила и к какому она пришла. Представление о развитии как о процессе, имеющем свое начало и конец, неприменимо ко всей вселенной.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ВЗАИМООТНОШЕНИЕ ЦИКЛИЧНОСТИ И НЕОБРАТИМОСТИ В РАЗВИТИИ

§ 1. Цикличность как внутренний элемент развития

Объективное развитие материи в природе представляет собой единство противоположностей не только в отношении содержания и движущих сил развития, но и в его общей направленности. Всякая конкретная система, занимающая ограниченный объем в пространстве, существует определенное время. Восходящая стадия в ее развитии неизбежно сменяется со временем нисходящей, которая закономерно приводит к распаду системы и превращению ее в качественно иные формы материи. Тем самым процесс развития в природе связан с отрицанием предшествующих форм. Но в каждом из отрицаний не происходит уничтожения всех результатов, достигнутых в развитии. Некоторые из них сохраняются и в преобразованном виде входят во вновь возникшие формы. Поэтому новый цикл развития начинается с несколько иных этапов, чем непосредственно предшествовавшие ему циклы. Благодаря преемственности между прошлыми и будущими состояниями развитие происходит не по кругу, а по весьма сложной линии, напоминающей спираль. В каждом из циклов как бы частично повторяются пройденные этапы, но на новой, зачастую более высокой основе.

Взаимоотношение между цикличностью и поступательностью в развитии составляет содержание особой диалектической закономерности, которая обычно связывается с законом отрицания отрицания. Под отрицанием подразумевается переход явлений в иное качественное состояние.

Формы отрицания могут быть весьма многообразны. В одном случае отрицание происходит в результате резкого разового скачка, в другом — путем последовательных постепенных изменений. В первом случае можно сравнительно точно зафиксировать узловую линию меры, а следовательно, и момент отрицания. Во втором — эта линия неопределенна и подвижна, но общее завершение отрицания устанавливается и здесь. Оно будет связано с переходом предмета или явления в принципиально иное состояние, противоположное в некоторых отношениях предшествующему. В этом можно видеть объективный критерий того, что отрицание действительно имело место.

Закон отрицания отрицания подчеркивает не только неизбежность гибели всех существующих форм и замены их новыми, но и тот фундаментальный факт, что в развитии имеется определенная повторяемость, или цикличность, обусловленная действием общих закономерностей и преемственной связью между новым и старым. При этом возврат якобы к старому может происходить различным образом. В одном случае он имеет место после второго отрицания, в соответствии с гегелевской триадой: тезис — антитезис — синтез. В другом — он происходит гораздо более сложным способом. Завершение цикла осуществляется здесь не после второго, а после многократного отрицания.

В области природы закон отрицания отрицания проявляется в виде *закона взаимоотношения цикличности и поступательности в развитии*. Цикличные процессы можно проследить во всех явлениях материального мира, начиная с движения микрочастиц и кончая высокоорганизованными формами жизни. На первый взгляд цикличность противоположна содержанию развития, но в действительности она является его необходимой предпосылкой. Изменение всякой материальной системы предполагает не только появление нового, но и сохранение некоторых элементов старого. Вследствие этого оказывается возможным постоянное воспроизведение отдельных черт уже пройденных состояний. Процесс развития выступает в форме совокупности большого количества циклов, каждый из которых сходен с предшествующим, но вместе с тем содержит в себе нечто новое.

Цикличность составляет внутреннюю основу всякого развития.

Справедливость данного положения подтверждается при анализе любой материальной системы. Например, развитие растительного или животного организма возможно лишь благодаря различным цикличным процессам, происходящим в нем и связанным с обменом веществ, ассимиляцией и диссимиляцией, функционированием различных органов и т. д. Прекращение или нарушение этих процессов неизбежно вело бы к гибели организма. Точно так же развитие вида в целом складывается из множества последовательных циклов существования отдельных особей данного вида. Развитие земной коры и биосферы обусловлено цикличной сменой дня и ночи, времен года, круговоротами воды, изменениями направления и силы воздушных течений и т. д. Словом, всюду цикличность лежит в основе изменения и развития.

Цикличность находит свое выражение в двух основных факторах: 1) в действии постоянных и устойчивых законов, 2) в возможности относительного возврата систем к исходным состояниям. Рассмотрим сначала связь цикличности с законами.

Всякий объективный закон представляет собой устойчивый порядок (или тип) связей между материальными объектами или явлениями. Этот порядок предполагает такое взаимоотношение составных элементов системы, при котором изменение состояния одних элементов вызывает не какое угодно, а вполне определенное, соответствующее действующему закону изменение других элементов. Подобное взаимоотношение является не чем иным, как функциональной зависимостью элементов друг от друга, и, следовательно, всякий конкретный закон природы можно определить как устойчивый порядок (или тип) связей, включающий в себя функциональное отношение между взаимодействующими элементами[1].

Закон природы характеризует не единичную, а массовую, устойчивую и повторяющуюся связь между явлениями. Тем самым цикличность оказывается внутренне связанной с самим существом закона. Выражая повторяющиеся взаимосвязи, закон предполагает либо действительно совершающиеся, либо потенциально возможные цикличные процессы. Например, закон тяготения отражает постоянно существующие гравитационные взаимодействия между телами, которые, по современной теории, происходят в форме обмена гравитонами. Аналогично законы электродинамики отражают электромагнитные взаимодействия, происходящие в результате обмена между заряженными телами квантами электромагнитного поля. Каждый акт такого обмена представляет некоторый цикличный процесс, и из совокупности огромного количества этих процессов складывается все взаимодействие, отражаемое соответствующим законом.

В тесной связи с этой формой цикличности находится ее вторая форма, в которой происходит повторение прошлых состояний. Такое повторение имеет место во всех тех случаях, когда внешние условия и внутренние связи в системе сохраняются в относительно неизменном виде. Тогда действие законов приводит к периодическому воспроизведению прежних состояний. Оно свойственно всем материальным системам, начиная от атомных ядер и кончая космосом.

Универсальный характер цикличных процессов неоднократно давал повод для их абсолютизации и возникновения различных теорий круговоротов. Поскольку всякая система, имевшая начало, со временем неизбежно распадается, напрашивается вывод о том, что составляющее ее вещество возвращается к своему исходному состоянию. Идея круговоротов особенно распространилась в астрономии, где она связывалась с фактом образования звезд из диффузного вещества и обратного возникновения диффузного вещества в ходе эволюции звезд. Но свое законченное выражение идея круговоротов получила в так называемой теории «пульсирующей вселенной», которая основывается на неправильном толковании красного смещения в спектрах внегалактических туманностей.

Согласно этой теории, вселенная в настоящее время находится в состоянии расширения, которое должно смениться через определенное время сжатием, последнее — опять расширением и т. д. Подобные циклы ничем не

[1] Функциональными являются лишь конкретные законы природы, характеризующие вполне определенные формы взаимосвязей. Что же касается всеобщих законов бытия, отражаемых диалектическим материализмом, то они не являются функциональными зависимостями.

общим процессом развития в рамках более обширных систем. Взаимоотношение между цикличностью и необратимостью, круговоротом и поступательным развитием составляет содержание особой диалектической закономерности, которую можно сформулировать следующим образом: *всякое обратимое движение, или цикличный процесс, в любой системе составляет отдельное звено, или момент, в цепи развития системы большего порядка*, включающей в себя данную в качестве своего составного элемента.

Движение элементарных частиц в атомах, казалось бы, представляет собой полностью обратимые и повторяющиеся процессы, поскольку в большинстве взаимодействий реакция может идти как в ту, так и в другую сторону. Но в действительности в каждом из этих процессов имеется момент необратимого изменения, в результате чего со временем из элементарных частиц возникают атомы различной сложности, молекулы, а при благоприятных условиях — живое вещество. Несомненно, что все это усложнение материи имеет своим внутренним источником ту тенденцию саморазвития, которая пробивается из неисчерпаемой структуры материи и дает на выходе необратимые изменения во взаимодействиях микрочастиц. Если бы данные взаимодействия были полностью обратимыми, никакое развитие материи не было бы возможным.

Необратимое развитие на основе цикличных процессов имеет место и в области макроскопических явлений. В повседневной жизни мы наблюдаем постоянную смену времен года, повторение различных метеорологических явлений, вроде выпадения осадков, изменения направления воздушных течений и т. п. Казалось бы, здесь происходят постоянные круговороты с возвратами ко всем исходным состояниям. Определенная повторяемость действительно имеет место, однако она является неполной. В результате действия внутренних и внешних факторов поверхность Земли претерпевает непрерывные изменения: образуются новые горы и разрушаются старые, затопляются обширные пространства, а со дна океанов поднимаются новые участки коры, становящиеся сушей и т. д. Таким образом, все цикличные процессы на поверхности Земли и в атмосфере являются отдельными звеньями общего необратимого изменения в химическом составе земной коры, в развитии всей биосферы.

Рассматривая, далее, вращение планет вокруг Солнца, можно видеть, что эти круговороты — отдельные звенья в общем развитии солнечной системы. По гипотезе Шмидта, эволюция солнечной системы была связана с постепенной конденсацией в планеты существовавшего когда-то вокруг Солнца газо-пылевого облака. Каждому циклу вращения планет вокруг Солнца сопутствовали изменения в составе данного облака в результате поглощения планетами вещества. На Землю выпадает до сих пор в сутки несколько тонн метеоритного вещества, в основном в виде пыли и небольших крупинок. Планеты большей массы, вроде Юпитера, притягивают во много раз больше метеоритного вещества. Таким образом, цикличные движения планет всегда являлись моментами необратимого развития солнечной системы как целого.

Аналогичная закономерность имеет место в развитии Галактики и других звездных систем. Вращение звезд и газо-пылевой материи вокруг общего центра тяжести связано с множеством других необратимых изменений: излучением звездами материи и энергии, образованием новых звезд из диффузного вещества, изменением структуры и внешней формы Галактики. Результатом всех этих процессов является развитие галактик от неправильных к спиральным, а от них — к эллиптическим. Несомненно, что необратимые изменения происходят и в рамках более общей системы — Метагалактики, хотя границы последней и законы ее изменения пока еще не выяснены.

Учитывая эту связь между необратимостью и цикличностью, общее развитие систем можно уподобить движению по спирали, при котором происходит частичное воспроизведение пройденных состояний, но на новом, часто более высоком уровне. При этом спираль в ходе своего развертывания не только идет вверх, но и увеличивает свой диаметр, захватывая все новые области явлений. Однако данный образ спирали нельзя абсолютизировать, так как во многих случаях развитие происходит и по более сложной линии. Оно может включать в себя временные отступления, возвраты к исходным пунктам. Зачастую каждый виток «спирали» в свою очередь образуется из ряда меньших витков, соответствующих внутренним цикличным изменениям. Иногда общий процесс развития разветвляется на несколько направлений, совершенно различных по своим формам и результатам.

§ 2. Соотношение поступательности и необратимости

Поступательное развитие по восходящей линии составляет лишь одну из фаз существования всякой системы, тогда как другая фаза включает в себя процессы деградации и распада. Но завершение существования системы не означает полного уничтожения всех результатов, достигнутых в ее развитии. Некоторые из них сохраняются в качестве факторов развития в системе большего порядка. Не уничтожается присущая материальным объектам тенденция и к усложнению связей и форм движения. Она осуществляется в другой системе. Это говорит о том, что начало и конец развития свойственны всякой конкретной системе, но материя, как субстанция, развивается бесконечно в любых условиях существования.

Унаследование результатов развития имеет место во всех тех случаях, когда для данной системы существует однородная ей по важнейшим свойствам система большего порядка, включающая в себя первую в качестве своего составного элемента. Бóльшие системы существуют для многих систем, и это обеспечивает общее поступательное развитие. Например, для любого растительного или животного организма более общей системой является вид, и, несмотря на то что каждый организм существует ограниченное время, в целом вид поступательно развивается ко все более совершенным формам. Для человека системой большего порядка является коллектив, в котором он живет, и все общество в целом. Поэтому все положительные результаты, достигнутые человеком в течение жизни, наследуются обществом, составляя больший или меньший вклад в его развитие.

Однако не всем системам соответствуют однородные им по свойствам системы большего порядка. Такой системы не существует, например, для человеческого общества. Поэтому если бы жизнь на Земле внезапно прекратилась в результате какой-нибудь гигантской космической катастрофы, вроде вспышки Солнца или столкновения Земли с массивным космическим телом, то все результаты, достигнутые человечеством в его развитии, безвозвратно погибли бы. Поступательное развитие общества сразу же оборвалось бы, не найдя никакого дальнейшего продолжения. Можно предполагать, что подобные катастрофы уже не раз происходили во вселенной.

Поскольку мир бесконечен в пространстве и времени, то можно полагать, что в нем всегда существовало бесчисленное множество обитаемых миров. И вполне возможно, что те научно-технические проблемы, которые еще только возникают перед человеческим умом, были уже многократно и в других формах решены на других мирах, где могли быть достигнуты неизмеримо более высокие результаты. Но все эти результаты остались для нас совершенно неизвестными, ибо развитие материи в каждой области вселенной начиналось заново, проходя последовательно те этапы, которые определялись физическими условиями существования систем.

Следует заметить, однако, что в связи с прогрессом в науке и технике, достигнутом за последние десятилетия, в развитии человечества открываются совершенно новые перспективы. Наступит время, когда будут решены проблемы космических полетов. Люди смогут основать опытные станции на других мирах, заселить их и образовать космические сообщества. Тогда возникнет система большего порядка и для человеческого общества на Земле. Поэтому если бы в результате космической катастрофы жизнь на Земле внезапно прекратилась, то это не означало бы уничтожения всех достигнутых человечеством результатов. Они нашли бы свое продолжение и развитие на других мирах.

Но здесь возникают новые вопросы: если жизнь и появление разумных существ являются закономерным результатом развития материи, то не могли ли подобные космические сообщества возникнуть уже в отдаленном прошлом, распространившись затем по всей вселенной? Не является ли жизнь столь же вечной, как и сама материя?

С принципиальной стороны положительный ответ на данный вопрос не противоречит объективным законам природы. С большей вероятностью можно утверждать, что во вселенной существует бесконечное множество космических сообществ разумных существ, а сама жизнь так же вечна, как и материя. Поэтому уровень развития материи в рамках всей природы определяется не столько временными, сколько пространственными факторами. Это значит, что в любой момент времени где-нибудь во вселенной существует сколько угодно высокоорганизованных форм материи. Распространение их на другие

области вселенной ограничивается лишь колоссальными пространствами, разделяющими миры. Возможно, что данное препятствие явилось основной причиной, исключившей перенос жизни на нашу планету с других миров. И вполне вероятно, что за весь период существования Земли, когда на ней возникли благоприятные условия для распространения высокоорганизованной жизни, она так ни разу и не стала объектом космического путешествия с других миров.

Рассмотрим теперь, безгранично ли поступательное развитие в рамках всей неорганической природы. Можно ли идею поступательного развития распространять на сколько угодно большие области, на всю бесконечную вселенную. При анализе данного весьма сложного вопроса мы сталкиваемся с той же проблемой взаимоотношения цикличности и поступательности.

Для обеспечения неограниченного поступательного развития в природе необходима прежде всего неограниченная иерархическая последовательность систем, благодаря которой достигнутые в одной системе результаты могут быть моментами развития в рамках еще более общей системы. Но во вселенной нет условий для образования такой неограниченной последовательности систем, хотя мир в целом бесконечен в пространстве и времени. Системой является не всякая совокупность элементов, а лишь такое образование, в котором все элементы настолько тесно связаны между собой, что данное образование противостоит внешним телам как нечто единое. Применительно к физическим системам это означает, что энергия внутренних связей в них должна быть больше суммарной кинетической энергии элементов и энергии внешних воздействий. В противном случае образование будет не единой системой, а некоторой совокупностью, или конгломератом, элементов. Но никакое тело не может являться источником бесконечно больших сил, которые могли бы удержать в рамках единого целого сколько угодно удаленные тела. А это значит, что во вселенной нет функциональной зависимости между всеми ее элементами и она не является единой целостной системой.

Данное положение можно обосновать и на основе современной теории взаимодействия. С точки зрения квантовой механики взаимодействие между любыми телами осуществляется путем обмена квантами различных

полей. Постоянство силы связи обеспечивается сложением огромного количества дискретных актов взаимодействия. Излучаемые кванты уносят определенную часть массы и энергии тела, причем энергия квантов не может быть сколько угодно малой. Поскольку масса всякого тела конечна, то оно может излучить лишь ограниченное число квантов. Часть их будет поглощена другим телом, которое в свою очередь излучит кванты. Взаимодействие между телами возникает в результате обмена квантами.

Если теперь расстояние между телами постоянно увеличивать, то начиная с некоторых масштабов связь между ними уже не будет поддерживаться в течение каждого, достаточно малого, отрезка времени. Взаимодействие было бы непрерывным во времени, если бы каждое тело излучало и поглощало в любой момент времени сколько угодно квантов. Но это невозможно, поскольку масса и энергия ограниченны, а кванты не могут обладать бесконечно малой энергией. Поэтому взаимодействие между телами оказывается дискретным, или прерывным, во времени. Эта прерывность проявляется в зависимости от вероятности обмена квантами, и она тем больше, чем меньшим количеством квантов могут обмениваться тела. Последнее же зависит от массы тел и расстояний между ними. Если расстояние между телами достаточно велико, то вероятность обмена квантами может быть бесконечно малой. Тогда взаимодействие между ними возникнет один раз на протяжении бесконечно большого отрезка времени.

Прерывность взаимодействия имеет место и при малых расстояниях между телами, но здесь она практически незаметна. Если же тела в достаточной мере удалены друг от друга, то разрывы во взаимодействии между ними будут весьма существенными, а их связь друг с другом — ничтожно малой. Энергия этой связи может быть неизмеримо меньше кинетической энергии движения каждого тела, а также энергии воздействия со стороны ближних объектов. Но это значит, что данные тела не будут входить в состав единой системы и такой системы *для них* уже не будет существовать. Подобный характер связи может быть между любыми телами, достаточно удаленными друг от друга, а поскольку во вселенной существует бесконечно много таких тел и

все они в совокупности составляют окружающую нас движущуюся материю, то отсюда вытекает, что во вселенной не существует постоянной и функциональной связи между любыми ее бесконечно удаленными друг от друга областями. Данная связь может быть дискретной, или прерывной, во времени.

Дискретность связи обусловлена не только ограниченным значением собственной энергии систем, но и конечностью скорости распространения взаимодействий, которая, по современным представлениям, не может превышать скорости света. Сигнал, излученный какой-нибудь системой, сможет дойти до другой удаленной системы лишь много лет спустя. За это время пославшая сигнал система может исчезнуть как таковая, и обратно сигнал будет принят уже совершенно другими телами, развитие которых может иметь мало общего с развитием исчезнувшей системы.

Итак, мы с различных точек зрения подходим к одному и тому же выводу о том, что во вселенной отсутствует единая функциональная связь между *всеми* ее элементами, та связь, наличие которой является непременным условием для поступательного развития всякой системы. Поэтому всю вселенную можно рассматривать как совокупность бесконечного множества относительно автономных систем, каждая из которых хотя и связана с другой, но обладает самостоятельностью в своем развитии.

Невозможность неограниченного поступательного развития для всей вселенной объясняется также тем, что для такого развития требуется наличие всюду во вселенной некоторого единого времени, единых специфических законов, которым подчинялось бы развитие всех тел. Между тем во вселенной не существует единого времени. Как показала теория относительности, ритм времени зависит от реальных связей и взаимных скоростей движения систем и может быть различным в разных системах. Относительна и одновременность событий: события, одновременные по отношению к одной системе, могут быть неодновременными по отношению к другим системам.

В силу отсутствия единого времени не может быть и единого общего закона развития для всей вселенной. Каждая из материальных систем подчиняется своим специфическим законам развития. По отношению ко всей вселенной можно говорить не о поступательном развитии, а о *необратимом изменении*, предполагающем невозможность полного возврата к однажды пройденным состояниям. Процессы поступательного развития являются лишь частными случаями ее общего необратимого изменения, поскольку последнее включает в себя не только усложнение связей и форм движения, но и деградацию и распад материальных систем.

Поэтому рассмотренную закономерность о соотношении цикличности и поступательности необходимо применительно к данному случаю сформулировать следующим образом: для всех реально существующих систем, имеющих *наибольшие* возможные размеры, цикличные процессы в них являются звеньями некоторого необратимого изменения, протекающего в еще большей *совокупности* тел, во всей бесконечной вселенной.

§ 3. Проявление необратимости изменений в действии законов природы

Необратимость изменений в природе тесно связана с наличием у материи свойства отражения, выражающегося в способности материальных объектов определенным образом реагировать на внешние воздействия, «запечатлевая» состояние окружающей среды. Это свойство отражения характеризует своеобразную «память» систем относительно их предшествующих взаимодействий. Наличие такого рода «памяти» является основным фактором развития или необратимого изменения в различных областях материального мира. В обществе, например, неуклонный прогресс ко все более высокоорганизованным формам возможен потому, что в последующих состояниях удерживаются и используются результаты предшествующих стадий развития, нашедших свое материальное воплощение в орудиях труда, различных памятниках культуры, книгах, произведениях искусства и т. п. В живой природе развитие происходит благодаря удержанию в наследственности благоприятных признаков, приобретенных в предшествующих поколениях. Аналогично и в неживой природе своеобразная «память» о прошлых событиях реализуется в различных

необратимых изменениях, составляющих внутреннее содержание процесса развития. При полной обратимости изменений никакое развитие не было бы возможным.

Можно ли необратимость изменений проследить в характере действия законов природы или же она распространяется только на отдельные свойства и состояния систем? Обычно предполагается, что изменение может быть присуще только конкретным предметам и явлениям, но сами законы развития тел являются неизменными. Однако для такого понимания законов нет никаких логических или фактических оснований.

Всякий закон природы представляет собой устойчивый порядок связи между материальными объектами или их различными свойствами. С течением времени свойства тел меняются, следовательно, должен меняться и порядок связи между ними, т. е. действующий закон. Это изменение обнаруживается прежде всего в том, что с развитием системы в ней появляются такие законы, которые ранее не существовали. Например, с возникновением жизни на Земле появились законы, свойственные высокоорганизованной материи и не существовавшие в рамках неорганических систем. То же самое имеет место и в развитии общества, где на смену старым законам развития определенных формаций приходят новые законы, соответствующие вновь возникшим условиям. Здесь цикл смены законов значительно короче, чем в биосфере, поскольку темпы развития убыстряются по мере возникновения все более сложных и высокоорганизованных явлений.

Но гораздо труднее проследить исторический характер законов в области неорганической природы. Здесь темпы развития являются необычайно медленными, и поэтому на протяжении наблюдаемых этапов развития различных систем их законы сохраняют как будто совершенно стабильную форму. В связи с этим создается впечатление, что они вообще неизменны. Не случайно поэтому в науке и философии получила широкое распространение точка зрения, согласно которой изменение свойственно лишь отдельным состояниям материи; что же касается самих законов движения, то они извечны и незыблемы. В физике XVII—XIX вв. такими законами считались законы классической механики, в настоящее

время к ним добавляются законы электродинамики, квантовой механики и теории относительности.

В рамках классической механики убеждение в извечности и неизменности законов было связано с метафизическими представлениями о строении материи и вытекало из них. Здесь принималось, что материя состоит из неизменных и бесструктурных атомов, представляющих собой последние неделимые кирпичики мироздания. Атомы олицетворяют собой нижний предел делимости материи и распада всех тел. С них всюду начинается и усложнение материи, проходящее последовательно одни и те же этапы. Поэтому законы движения атомов представляют собой извечные и неизменные принципы, имеющие универсальное значение. Они действуют во все времена и во всех без исключения областях вселенной. Такими законами физика XVII—XIX вв. считала принципы классической механики.

В настоящее время воззрения на материю существенно изменились. Во-первых, доказано, что законы классической механики вовсе не являются универсальными. Они действуют лишь в области обычных, макроскопических явлений, тогда как в микромире и в масштабе космоса господствуют совершенно иные законы квантовой теории и космологии. Во-вторых, атомы вовсе не являются нижним пределом дробления и распада систем. Существуют еще более простые образования — элементарные частицы и поля, составляющие атомы. Поэтому и законы движения атомов уже не являются абсолютно первичными во всех формах развития материи и могут возникать на основе законов элементарных частиц по мере объединения последних в атомы. В бесконечной вселенной в принципе могут существовать области, где многие атомные законы еще не успели сформироваться, поскольку материя находится там на более низкой ступени организации. Так, например, если в какой-нибудь области вселенной существует только водород и не успели образоваться другие элементы, то в ней нет еще и достаточной базы для действия периодического закона химических элементов. Последний постепенно будет расширять сферу своего действия по мере возникновения все более сложных элементов.

Аналогичным образом принцип развития можно распространить и на сами элементарные частицы и соот-

ветствующие им законы, хотя, как отмечалось выше, сложность данных микрообъектов должна быть совершенно иной, чем сложность молекул и атомов. Всем микрочастицам присуща определенная структура, раскрытие которой прольет свет на проблему развития в данной области явлений.

Более того, можно сказать, что идея развития применима не только к элементарным частицам, но и к любым другим микрообъектам и соответствующим им законам. Для доказательства данного положения будем рассуждать от противного. Предположим, что существуют некоторые первичные и совершенно неизменные законы, являющиеся настолько универсальными, что они действуют во все времена и во всех областях пространства. Поскольку закон есть определенный порядок связей между материальными объектами или их свойствами, то для того, чтобы подобные неизменные законы были возможны, необходимо допустить существование первичных и неизменных микрообъектов с совершенно устойчивыми и всегда существующими связями. Если бы данные микрообъекты изменялись или были способны исторически возникать, то нельзя было бы говорить об извечности характеризующих их законов. Следовательно, они должны быть первичными и бесструктурными, должны представлять нижний предел возможного распада любых образований и исходный пункт всякого развития материи в природе.

Но подобные микрообъекты не могут существовать. Будучи бесструктурными, они не должны обладать никакими внутренними связями, а следовательно, они не могут иметь и никаких внешних связей. Отсутствие последних исключает возможность объединения данных микрочастиц в более сложные образования, которые, таким образом, не смогут возникнуть. Значит, материя в этом случае не должна обладать никакой структурной организацией. Ей не могут быть присущи и какие-либо свойства, поскольку всякие свойства есть результат внутренних и внешних связей, которых, по предположению, у первичных микрочастиц нет. Но материя без свойств и структурной организации не может обладать какой-либо реальностью. Следовательно, мы должны признать, что первичных и бесструктурных частиц с неизменными свойствами в природе не может существовать. Напротив, к каким бы микрообъектам ни приходила наука в процессе своего исторического развития, все они будут неисчерпаемы по своей структуре, т. е. будут обладать не только внешними, но и многообразными внутренними связями, которые, конечно, могут быть самыми различными в силу качественной неисчерпаемости материи.

Отсюда вытекает, что нельзя говорить о последних, конечных элементах распада материальных систем, о низших формах сложности материи. Также неправильно предполагать, что всюду в природе развитие начинается только с одних каких-то определенных первичных элементов. Как нижняя граница распада, так и начальный пункт развития могут быть самыми различными. Они определяются внутренними особенностями систем и существующими внешними условиями. В силу этого нельзя говорить и об абсолютно неизменных первичных законах, обладающих универсальным значением. Любой закон природы является сложным в своем причинном основании и обусловленности. Подобно тому как любой конкретный объект исторически возникает в ходе развития материи и со временем исчезает, превращаясь в другие формы, так и характеризующие его законы являются исторически преходящими в *данной области* пространства и имеют ограниченную сферу действия. С распадом системы прекращают свое действие и характеризующие ее законы. Эти законы, существовавшие в действительности, переходят затем в сферу потенциально возможного. Их обратный переход в действительность произошел бы в том случае, если бы удалось снова воспроизвести все старые условия, действующие силы и связи в системе. При этом долговечность действия законов оказывается всегда тем большей, чем менее сложные формы материи они характеризуют.

Но здесь может возникнуть вопрос: означает ли отсутствие какого-нибудь закона в данной системе то, что этот закон вообще не существует в природе? Не может ли быть наоборот — когда отсутствие закона в одних системах компенсируется его наличием в других? В таком плане об историческом возникновении и исчезновении законов можно говорить лишь применительно к конкретным системам, но не «к миру в целом», где любой закон всегда уже имеется в наличии и будет суще-

ствовать. Различие в уровне организации материи и характере действующих законов тогда определялось бы исключительно пространственной разобщенностью систем.

Несомненно, данные положения содержат в себе определенную долю истины. Поскольку различные системы в природе находятся на разных уровнях развития, то те законы природы, которые еще не возникли или уже исчезли в одних системах, могут еще действовать в других. Например, отсутствие сложных химических соединений в одних областях вселенной не исключает их наличия в других. То, что возникает как возможность в одних областях вселенной, может существовать как действительность в других. Однако это положение касается не всех возможностей, которые могут иметься в природе. В каждой системе могут существовать такие специфические условия, которые не встречаются в других системах. Поэтому возможности, соответствующие данным условиям, могут быть еще не реализованы нигде в мире.

Данные возможности могут характеризовать как конкретные условия, так и действующие в системе законы. И если эти возможности превратятся в действительность, то соответствующие условия и законы возникнут в мире впервые. Подобная индивидуальность и специфичность законов будет обусловлена тем, что множество возможных внутренних состояний материи бесконечно и никогда не может быть полностью реализовано. Такого своеобразия и индивидуальности не было бы лишь в том случае, если бы движение материи в природе происходило в виде постоянно повторяющихся полных круговоротов, предполагающих распад всех систем на одни и те же первичные элементы и начало развития всюду с одних и тех же исходных пунктов. Тогда развитие проходило бы последовательно в разных системах одни и те же этапы, и всякая возможность, которая могла бы возникнуть в одной системе, уже должна была быть реализованной в других системах, находящихся на иных уровнях развития.

Но, как было показано выше, подобные круговороты принципиально невозможны. Следовательно, и развитие в каждой системе будет обладать индивидуальными особенностями, благодаря которым в ней будут появляться

возможности, не реализованные в других системах. Значит, могут возникать и принципиально новые законы, соответствующие данным возможностям. Идею необратимости изменений можно с полным основанием распространять не только на все конкретные состояния систем, но и на действующие законы природы.

Помимо исторического возникновения и исчезновения конкретных законов в определенных областях пространства необратимость изменений в природе может проявляться и в том, что с течением времени меняется сама *форма действия* закона. Всякий конкретный закон природы объективно выражает функциональные отношения между взаимодействующими объектами. Благодаря этому он может быть в принципе изображен в виде определенной системы уравнений, нахождение которых зависит исключительно от успехов в развитии естествознания и математической техники. Многие законы помимо своей функциональной формы характеризуются определенными параметрами или константами, которые выражают большую стабильность связей и отдельных свойств взаимодействующих объектов. Например, в уравнениях классической и квантовой механики подобными величинами будут: константа тяготения, постоянная Планка, значение массы, заряда электрона и т. п.

Обычно принимается, что как форма функциональной зависимости, так и константы в законах являются совершенно неизменными и должны быть абсолютно одинаковыми во всех условиях, где только действует данный закон. Убеждение в справедливости этого служит основой для уверенности в результатах многих технических и научных измерений, например в определении возраста Земли на основе периода распада радиоактивных изотопов. Имеющиеся опытные данные действительно показывают, что за промежутки времени в несколько миллиардов лет константы и форма функциональных зависимостей в известных законах действительно как будто не обнаруживают изменений. Однако это еще не является достаточным основанием для категорических утверждений о том, что они вообще неизменны. Вполне может оказаться, что за еще больший промежуток времени оба эти фактора будут претерпевать какие-то изменения. Не исключена возможность, что данные изменения будут обнаружены и за обозримые периоды времени, если

только техника измерений будет существенно усовершенствована.

Распространяется ли положение о возможности изменения законов на все существующие законы природы? На этот вопрос нужно ответить отрицательно. В природе помимо конкретных законов, действующих в ограниченных областях пространства и времени, имеются всеобщие законы. К их числу относятся прежде всего закон неуничтожимости материи и движения, рассмотренные законы диалектики. Кроме них существуют и другие диалектические закономерности, точная формулировка которых составляет еще задачу теоретического исследования. Данные всеобщие законы не могут меняться с течением времени, поскольку они выражают всегда существующие свойства и отношения материальных объектов.

Действительно, в конкретных законах изменение может претерпевать их функциональная форма и входящие в них параметры. Кроме того, сам закон может перестать действовать, если исчезнут соответствующие связи и материальные объекты.

Диалектические закономерности не обладают никакой функциональной формой и не содержат в себе каких-либо параметров, благодаря чему они не могут быть выражены математически, в виде определенных уравнений. Они выражают то общее, что содержится во всех конкретных законах развития. В любом конкретном законе всегда так или иначе говорится о взаимной связи количественных и качественных изменений, о единстве противоположностей в явлениях природы, о взаимоотношении необратимости и цикличности в развитии, формах причинной связи и т. п. Обобщение данного диалектического содержания множества конкретных законов приводит к формулировке указанных выше всеобщих законов природы. Последние будут применимы уже не только к одной какой-либо группе явлений, а ко всем явлениям природы и общества. Именно поэтому они не могут характеризоваться какой-нибудь конкретной функциональной формой или параметрами. Придание диалектическому закону функциональной формы и соответствующих параметров превращает его в специфичный закон природы. Если же рассматривать его таковым, каков он есть, то нужно не связывать его с указанными свойствами. Диалектический закон имеет одинаковую применимость ко всем без исключения явлениям. Возникшие новые явления в такой же степени подчиняются ему, как и существовавшие ранее. Благодаря отсутствию у него функциональной формы и конкретных параметров он не может меняться с течением времени, поскольку в нем и нечему меняться. В этом отношении диалектические законы находятся в особом положении по сравнению со всеми другими конкретными законами. Они выражают наиболее общие черты всякого изменения, и, так как изменение составляет способ существования материи, они необходимо являются универсальными и незыблемыми.

Итак, если подвести итог всему сказанному о взаимоотношении цикличности и необратимости, то можно сделать следующие выводы:

1) каждый цикличный процесс в какой-либо системе представляет собой момент развития и необратимого изменения в системе, или совокупности тел, большего порядка;

2) поступательное развитие может быть непрерывным и неограниченным лишь постольку, поскольку результаты предшествующих форм развития унаследуются в последующих состояниях и поскольку для каждой данной системы существует однородная ей по свойствам система большего порядка, включающая ее в себя в качестве своего составного элемента;

3) если подобной еще большей системы не существует и с дальнейшим увеличением масштабов встречаются только относительно автономные системы, то материя в этих масштабах будет претерпевать только необратимые изменения, предполагающие невозможность возврата систем к прежним состояниям и возобновления всех существовавших ранее форм взаимосвязей. Конкретным выражением этой необратимости может быть изменение функциональных законов и их параметров с течением времени, благодаря возникновению в развитии принципиально новых причинных связей, не существовавших в прежних состояниях.

§ 4. Необратимость изменения времени

Помимо рассмотренных выше факторов необратимость изменений в природе находит свое выражение в характере течения времени. В общем бытии материи

время оказывается необратимым, т. е. течет от прошлого через настоящее в будущее. Такое явление тесно связано с общими закономерностями развития материи в природе. Чтобы конкретно проследить связь между изменением времени и общими закономерностями развития, рассмотрим основные свойства времени, как они представляются на основе современной науки.

Физические и философские воззрения на природу времени претерпели существенные изменения за последние 50 лет. Эти изменения были связаны с возникновением и развитием теории относительности, оказавшей глубокое влияние на все наше миропонимание. В рамках классической физики время рассматривалось в качестве некоторой чистой длительности, текущей всюду строго одинаково, равномерно и безотносительно к характеру материальных процессов в телах. Подобный взгляд на время весьма отчетливо был выражен И. Ньютоном в его «Математических принципах натуральной философии». Ньютон писал: «*Абсолютное, истинное математическое время* само по себе и по самой своей сущности, без всякого отношения к чему-либо внешнему, протекает равномерно и иначе называется длительностью. *Относительное, кажущееся* или *обыденное время* есть или точная, или изменчивая, постигаемая чувствами, внешняя, совершаемая при посредстве какого-либо движения, мера продолжительности, употребляемая в обыденной жизни вместо истинного математического времени, как-то: час, день, месяц, год»[1].

Ньютоновское понимание времени отражало некоторые черты объективного времени, вследствие чего оно было пригодно для понимания почти всех явлений в рамках классической физики и всего обыденного опыта. Однако в нем содержались некоторые необоснованные предположения и скрытые логические противоречия. Прежде всего не было обосновано допущение о бесконечно большой скорости распространения сигналов, которое служило отправным пунктом для идеи об однородности времени во всей вселенной. Уже в 1676 г. первые измерения скорости света, произведенные О. Ремером путем наблюдения затмений спутников Юпитера,

[1] См. Собрание сочинений академика А. Н. Крылова, т. VII, Изд-во АН СССР, 1936, стр. 30.

дали конечную величину, равную 215 тыс. *км/сек*. В дальнейшем величина скорости света в вакууме была уточнена до 299 790 *км/сек*, и эта скорость принимается в качестве предельной скорости распространения сигналов[1].

Далее, положение о том, что время всюду течет одинаково, по самому своему смыслу сразу же вызывает вопрос: в чем или по отношению к чему оно течет? Если оно течет в чем-то, то это наводит на мысль о существовании какого-то другого времени, в котором течет первое время, а то в свою очередь должно течь в еще более общем времени и т. д. Получается неограниченный ряд времен, «вложенных» друг в друга, что совершенно неприемлемо. С другой стороны, если признать, что время течет «ни в чем», то тогда понятие «течет» становится вообще бессмысленным, ибо течь по отношению к ничему нельзя: ничто есть ничто, и ни одна его часть не содержит в себе какого-либо предпочтительного отличия от другой. Из этих противоречий никак нельзя выйти, если признавать, что время независимо от изменений в

[1] Следует заметить, что положение о предельности скорости света (*С*) в современной физике не имеет своего теоретического обоснования, а принимается лишь как постулат на основе опытных измерений скорости света. С принципиальной стороны в природе, по-видимому, могут существовать скорости распространения сигналов, большие *С*. Уже в настоящее время выдвигается гипотеза о возможности подобных процессов в микромире, и это в общем согласуется с принципом неисчерпаемости материи и движения. Правда, нужно заметить, что данная гипотеза пока не имеет каких-либо экспериментальных подтверждений. Если когда-нибудь будут открыты процессы, протекающие с большей скоростью, чем скорость света, то для их описания потребуется создать более общую теорию, чем теория относительности, которая должна будет обнаружить здесь пределы своей применимости.

Однако уже на основе современных данных можно сказать, что в природе не существуют бесконечно большие скорости распространения сигналов, поскольку для сообщения материальным объектам подобных скоростей потребовались бы бесконечно большие силы, которые не могут возникнуть ни в какой конкретной системе. Предельность скорости распространения сигналов представляет собой, таким образом, необходимое следствие закона сохранения материи и движения, который составляет незыблемую основу всех процессов. Определение конкретного значения предельной скорости, очевидно, будет постоянно производиться и в дальнейшем, поскольку здесь, по-видимому, могут быть уточнения. В настоящее время эта скорость принимается равной *С*, что очень хорошо согласуется со всеми теоретическими и экспериментальными данными.

телах, т. е. рассматривать его в духе ньютоновских воззрений. Но выход может быть найден, если связать время с изменениями материи и учесть его зависимость от этих изменений.

С точки зрения диалектического материализма время не существует вне реальных изменений тел, оно представляет собой одну из важнейших форм бытия материи. Не в каком-то извечно текущем времени возникают и исчезают все явления, а само время есть длительность процесса возникновения, становления и перехода в другие формы. *Время характеризует последовательность событий и представляет собой меру длительности изменений в материальных системах.*

В связи с этим необходимо подчеркнуть неверность распространенной ранее и встречающейся до сих пор точки зрения, будто время может существовать независимо от каких-либо изменений материи, т. е. выступить как «чистое», не затронутое никакими примесями, «истинное» время.

Подобный взгляд на время был еще возможен в рамках ньютоновской физики, но он совершенно не соответствует достижениям современной науки. Точно так же было бы неправильно рассматривать время и изменения в отношении причины и следствия, т. е. ставить вопрос о том, время ли есть причина изменений или изменения являются причиной времени. Понятия причины и следствия здесь совершенно неприменимы. Если считать, что изменения есть причина времени, то тогда нужно будет признать, что время может возникать после изменений и, значит, сами изменения происходили вне времени, ибо известно, что причина всегда самостоятельна по отношению к следствию и предшествует ему. С другой стороны, если рассматривать время как причину изменений, то тогда становится совершенно неясным, что оно может выражать до изменений, да и вообще может ли материя существовать вне изменений. Таким образом, понятия причины и следствия неприменимы по отношению к времени. Время представляет собой такую форму бытия материи, которая *выражает процесс изменения* со стороны его последовательности и характеризует длительность материальных объектов в их собственном бытии[1].

[1] В связи с изложенным нам представляется неправомерным то понимание времени, которое развивается проф. Н. А. Козыревым в его работе «Причинная или несимметричная механика в линейном приближении» (Пулково, 1958) и которое пропагандировалось его последователями в некоторых газетах и журналах. Н. А. Козырев считает, что время может существовать самостоятельно по отношению к материи в виде некоторой сущности, обладающей своим «собственным ходом». Время может воздействовать на материю, изменять ее энергию, момент количества движения и другие свойства. Он полагает также, что закон сохранения энергии во всякой системе в общем не выполняется, поскольку энергия систем способна непрерывно увеличиваться за счет «хода времени» и обратно превращаться в «ход времени» (стр. 11, 43, 45, 46 названной работы).

Подобная точка зрения не учитывает достижений диалектического материализма и теории относительности в понимании времени и по существу возвращает в рамки доньютоновских представлений о времени. Она противоречива и в том отношении, что полагает, будто в природе помимо материи существует нечто воздействующее на материю — чистое время, т. е. ведет к дуализму в понимании единства мира. Н. А. Козырев выдвигает подобные представления о времени для того, чтобы преодолеть теорию тепловой смерти вселенной: непрерывное создание энергии в системах за счет «хода времени» должно, по его мнению, препятствовать переходу вселенной в состояние теплового равновесия. Однако данная теория может быть опровергнута совершенно независимо от этих произвольных предположений, а также без того, чтобы вступать в противоречие с законом сохранения энергии и с тем пониманием времени, которое выработано в диалектическом материализме и теории относительности на основе обобщения всех опытных данных.

Поскольку время выступает в качестве объективной меры длительности изменений, то его ритм должен зависеть от внутренних и внешних связей системы, т. е. от ее структуры и характера взаимодействий с другими телами, в частности от скорости относительного движения. И действительно, современная теория говорит, что в микромире метрические свойства пространства и времени должны быть иными, чем в области макроскопических явлений, а в масштабе гигантских космических систем проявляются совершенно иные их особенности.

Точно так же ритм времени меняется с изменением внешних связей тел. Из общей теории относительности следует, что вблизи тел, обладающих достаточно большой массой и мощным гравитационным полем, время течет медленнее, чем при отсутствии данных полей. Это положение было экспериментально подтверждено открытием красного смещения спектральных линий некоторых звезд[1]. Красному смещению соответствует меньшая

[1] Это явление не следует смешивать с красным смещением в спектрах внегалактических туманностей, которое рассматривается как следствие эффекта Допплера.

частота колебаний атомов на данных звездах по сравнению с их колебаниями на Земле, что как раз и характеризует замедление ритма времени на звездах под действием их гравитационных полей.

Ритм времени изменяется с увеличением скорости движения тел. В настоящее время имеются экспериментальные подтверждения данного эффекта в области микроявлений. Наблюдения распада мезонов в космических лучах показывают, что время жизни мезонов и пролетаемое ими расстояние оказывается тем большим, чем ближе скорость мезона к скорости света. Так, например, если заряженный пи-мезон с временем жизни $T_o = 10^{-8}$ сек. пролетает при скорости движения в 280 000 *км/сек* примерно 1 *м*, то при скорости, очень мало отличающейся от скорости света, он пролетит уже много километров. Это увеличение длины пролета лишь в незначительной степени обязано приросту скорости, а в основном оно обусловлено замедлением ритма процессов в мезоне и увеличением времени его жизни в соответствии с формулой:

$$T_{дч} = \frac{T_o}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

где $T_{дв}$ — время жизни мезона в состоянии движения;
T_o — время жизни в состоянии относительного покоя;
v — скорость мезона;
c — скорость света в вакууме.

За последнее время появились возможности экспериментальной проверки данного эффекта в области макроскопических явлений. Созданы так называемые «атомные» часы, в которых источником периодических процессов являются колебания молекул аммиака, отличающиеся строгим постоянством. «Атомные» часы обладают столь большой точностью хода, что погрешность в их показаниях может быть уменьшена до сотых долей секунды в столетие. По ним можно определять неравномерность во вращении Земли, т. е. уточнять астрономическое время.

Можно представить следующий эксперимент. Два экземпляра таких часов строго синхронизируются между собой, после чего одни часы оставляются на Земле, а другие запускаются в ракете, которая становится искусственным спутником Земли. По истечении нескольких месяцев показания часов на спутнике сверяются путем электромагнитных сигналов или другим способом с показаниями часов на Земле. При этом движущиеся часы должны будут обнаружить отставание. Поскольку скорость ракеты на орбите равна 8 *км/сек*, что намного меньше скорости света, то отставание составит малые доли секунды, но все же оно может быть определено, так как будет во много раз превышать собственную погрешность часов.

Еще более разительное замедление времени проявится в фотонных ракетах — межзвездных кораблях будущего, приводимых в движение за счет превращения частиц и античастиц в кванты электромагнитного поля и отражения излучения в одном направлении. При околосветовых скоростях все процессы в ракете, в том числе и биологические, должны замедлиться по сравнению с таковыми на Земле, причем это замедление будет тем больше, чем ближе скорость ракеты к скорости света. Для космонавтов окажется возможным достижение самых удаленных миров Галактики, но после возвращения на Землю они обнаружат, что здесь прошло гораздо больше лет, чем в системе ракеты. Но космические путешественники не почувствуют никакого увеличения времени своей жизни, поскольку в ракете они будут отправлять все свои жизненные функции примерно с той же периодичностью (по часам на ракете), что и на Земле. По показаниям своих наручных часов, они прожили бы столько же времени, сколько бы прожили и на Земле,— если отвлечься от других возможных неблагоприятных факторов. Замедление времени на ракете можно будет обнаружить только путем сравнения его с временем на Земле после возврата ракеты. В противном случае для обитателей ракеты оно останется незаметным [1].

[1] Иногда возможность замедления времени в ракете отрицается на том основании, что якобы все системы отсчета совершенно равноправны.

Однако такое возражение неосновательно, так как оно не учитывает того принципиального факта, что хотя *теоретически* и воз-

Подобное замедление времени может показаться совершенно парадоксальным, поскольку оно противоречит сложившимся обыденным представлениям о времени как о текущем совершенно равномерно и однородно, безотносительно к каким-либо процессам в системах. Но выше было показано, к каким неразрешимым трудностям приводит такое понимание времени. Решение этих трудностей возможно лишь на основе признания неразрывной связи времени с изменениями материи, понимания его как меры длительности всех изменений. А в таком случае уже нет ничего удивительного в том, что ритм времени может меняться в зависимости от характера внешних связей тел и скорости их движения.

Идея относительности в современной физике распространяется не только на ритм времени, но и на само понятие одновременности событий. Согласно теории относительности, события, одновременные в одной системе, могут быть неодновременными в другой, движущейся относительно первой, и наоборот. В силу таких закономерностей во вселенной уже не может существовать некоторое единое время, текущее всюду одинаково. Каждая ав-

---

можно связать систему отсчета как с ракетой, так и с Землей, однако *физически* обе данные системы неравноправны и Земля является преимущественной (хотя, конечно, не абсолютной) системой. Это доказывается тем, что не Земля преодолевает гравитационное поле ракеты, а ракета — гравитационное поле Земли, чтобы удалиться от нее. Кроме того, положение Земли относительно других звезд Галактики остается сравнительно постоянным, тогда как положение ракеты постоянно изменяется, а такое изменение должно быть также связано с преодолением гравитационных полей других звезд и *ускорением* ракеты. Физическая неравноправность системы Земли и ракеты исключает возможность компенсации времени, и поэтому эффект замедления времени на ракете должен наблюдаться.

Нет оснований также полагать, что замедление времени может быть полностью скомпенсировано при обратном движении ракеты. Для подобной компенсации необходимо, чтобы при движении ракеты от Земли ритм времени изменялся по закону $T_{дв} = T_o \cdot \sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}$, а при движении по направлению к Земле — по закону $T_{дв} = \frac{T_o}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$. Но законы природы не могут изменяться в зависимости от направления движения тел в пространстве. Пространство изотропно, и при отсутствии внешних сил законы природы проявляются совершенно одинаково при всех направлениях движения системы.

тономная материальная система по существу обладает своим ритмом временных процессов в ней, зависящим от ее связей и скорости движения относительно других систем.

Отсутствие во вселенной единого времени тесно связано с конечностью скорости распространения взаимодействий. Изменение состояния одних областей системы вызовет изменение в других областях не мгновенно, а лишь через некоторое время, необходимое для распространения сигнала. Благодаря этому закон о равенстве действия противодействию будет выполняться не в каждый момент времени, а статистически, с учетом запаздывания взаимодействий. Тем самым оказывается уже невозможным говорить о некоторой единой последовательности событий в достаточно больших областях пространства.

Понятие единого времени для всех систем вселенной лишается благодаря этому своего физического содержания, если только не рассматривать время в духе старых, метафизических воззрений, а связывать его с длительностью реальных изменений в телах. Таким образом, вечность существования мира во времени не следует понимать в том смысле, что будто вселенная бесконечно стара в некотором едином потоке времени. Ее следует понимать в смысле несотворимости и неуничтожимости материи, ее бесконечного существования. Что же касается временного ритма изменений, то он может быть самым различным в разных материальных системах.

Связь времени с изменениями материи проливает новый свет на всю проблему цикличности и необратимости в развитии. Из опыта хорошо известно, что время необратимо и течет от прошлого к будущему. Прошлое представляет собой все то, что было до момента, определяемого как настоящее, тогда как будущее выражает все возникающее впоследствии. Прошлое может оказать влияние на будущее, тогда как будущее уже не может оказать никакого влияния на прошлое. Понятие настоящего определить значительно труднее, поскольку под настоящим зачастую подразумеваются различные отрезки времени: текущее столетие, год, месяц, день, час и даже секунда,— в зависимости от временного масштаба рассматриваемых событий. Но, строго говоря, настоящее в каждой данной области пространства представляет собой

исчезающий миг: все, что было до него, относится уже к прошлому, а все, что возникает после,— к будущему. Настоящее выражается некоторым пределом последовательного стягивания прошлого и будущего к одной точке, непрерывно движущейся по оси времени в направлении будущего. Окрестности этой точки могут иметь сколько угодно малое значение.

Изменение времени возможно только в направлении от прошлого к будущему, и это тесно связано с общей необратимостью процессов в природе. Действительно, предположим, что происходит распад какой-нибудь системы на составные элементы с выделением энергии. При обычном течении времени сначала осуществляется сам распад, а потом возникают различные элементы, обладающие определенной энергией. При обратном течении времени сначала должны были бы возникнуть элементы с определенной энергией, а затем — произойти реакция распада. Но такое возникновение материальных объектов из ничего противоречит закону сохранения материи и движения, который является фундаментом всего научного миропонимания.

При обратном течении времени невозможна была бы и причинно-следственная связь событий. Следствие в этом случае принципиально не могло бы возникнуть, поскольку оно не имело бы под собой основания, каковым является причина. С другой стороны, и причина не могла бы быть причиной, так как она ни к чему не вела, ибо следствие уже осуществилось. Более того, причина не могла бы вообще возникнуть, так как она в свою очередь должна быть вызвана другой причиной, а последняя при обратном течении времени обязана находиться после нее. Таким образом, при обратном течении времени и обращении вспять причинно-следственных отношений не могло бы происходить никакое взаимодействие тел, а следовательно, невозможно было бы и само существование материи. И, наоборот, сам факт существования материи и универсальное взаимодействие тел необходимым образом обусловливают течение времени от прошлого к будущему.

Данный вопрос рассматривается здесь столь подробно потому, что в физической литературе до сих пор встречаются утверждения о возможности обратного течения времени, которое якобы имеет место в микропро-

цессах. С формальной стороны они выводятся из того факта, что в уравнениях классической и квантовой механики можно менять знак времени на обратный, причем уравнения сохраняют при этом ту же самую форму. Это значит, что уравнения инвариантны по отношению к изменению знака времени, а соответствующие процессы — симметричны по отношению к прошлому и будущему. Отсюда некоторыми авторами был сделан вывод о том, что временная последовательность в микромире может протекать в обратном направлении, чем в макромире[1]. Это соображение обосновывалось тем, что в микромире взаимодействия могут распространяться со скоростью, большей скорости света, а это якобы говорит о возможности обратного течения времени.

Подобные предположения, однако, совершенно неправомерны. Если бы даже взаимодействия могли распространяться со скоростью, в несколько раз превышающей скорость света, то это все равно не изменило бы того факта, что, прежде чем какое-либо явление осуществится, должна быть причина этого явления. В противном случае мы приходим к нарушению основных законов сохранения материи и ее свойств.

Обратимость времени в уравнениях классической и квантовой механики имела бы объективный эквивалент во внешнем мире лишь в том случае, если бы различные тела и системы состояли из бесструктурных микрочастиц, подобных материальным точкам. В таком случае все внутренние изменения в данных телах были бы полностью обратимыми. Каждое пройденное состояние было бы одновременно и будущим состоянием, что равносильно обращению прошлого и будущего. В рамках классической физики как раз предполагалось подобное строение материи. Однако в действительности строение материи неизмеримо сложнее. Благодаря этому во взаимодействиях микрочастиц всегда возникают новые состояния, связанные с необратимыми изменениями.

Необходимо учитывать и тот факт, что микрочастицы всегда входят в различные макроскопические системы и, следовательно, их взаимодействие в значительной степени определяется влиянием макромира. В макроскопи-

---

[1] См. *Я. П. Терлецкий,* Динамические и статистические законы физики, Изд-во Московского университета, 1949, стр. 6, 25, 84.

ческих явлениях время имеет направленность от прошлого к будущему. Поэтому и все микропроцессы могут происходить лишь при данной направленности времени, в соответствии с принципом причинности и объективными законами природы.

Какой же смысл имеет в таком случае изменение знака времени в уравнениях классической и квантовой механики? Данная операция не означает, что время объективно может менять свое направление. Она является лишь своеобразным отражением возможности обратимых процессов в системе. Если система в своем изменении проходит состояния *A, B, C, D* и т. д., то изменение знака времени означает признание того, что система может пройти ту же последовательность состояний, но только в обратном направлении — *D, C, B, A*.

Следует отметить, однако, что полный возврат к пройденным состояниям является лишь предельным идеализированным случаем. Он был бы возможен лишь при отсутствии воздействия на систему и при конечном множестве ее внутренних состояний. Для обеспечения такой возможности замкнутая система должна состоять из конечного числа материальных точек, поскольку реальные атомы и молекулы обладают сложной структурой и неисчерпаемым множеством внутренних связей. Но система материальных точек является не более, как абстракцией. Поэтому во всех реальных процессах происходит неполный возврат к пройденным состояниям. Даже в простом сосуде с газом, где происходят, казалось бы, полностью повторяющиеся движения атомов и молекул, в действительности наблюдаются необратимые изменения, связанные с возрастанием энтропии и переходом системы в другое термодинамическое состояние. Отсюда следует вывод, что любой процесс в природе является *несимметричным* во времени, причем эта несимметричность обусловлена элементом необратимости в каждом из изменений. В этом заключается один из важнейших законов природы.

При исследовании проблемы времени необходимо возникает вопрос о том, можно ли однонаправленное течение времени связать с необратимым изменением какого-нибудь конкретного свойства или группы свойств материи? Другими словами, существуют ли такие свойства материи, которые изменялись бы всегда вполне однозначно и по которым можно было бы сказать, что произошел переход от прошлого к будущему? Этот вопрос в настоящее время является дискуссионным и еще далеким от своего решения. Тем не менее представляет значительный интерес рассмотреть выдвинутые точки зрения.

В некоторых работах, особенно зарубежных авторов, необратимость изменения времени от прошлого к будущему выводится в качестве следствия из направленного изменения особой термодинамической функции — энтропии. Считается, что будущие события — это те, которые соответствуют состояниям с большей энтропией, так что возрастание энтропии определяет течение времени к будущему. Понятие энтропии возникло в связи с развитием термодинамики и формулировкой ее двух основных принципов. Первый принцип термодинамики — это закон сохранения энергии в применении к тепловым процессам. Закон сохранения энергии говорит о невозможности создания вечного двигателя «первого рода», который производил бы работу без подвода тепловой или какой-либо другой энергии.

Но закон сохранения энергии еще не отрицает возможности непрерывного получения работы за счет использования тепла окружающей среды — воздуха или воды морей — без каких-либо изменений в других телах. Поскольку запасы энергии в воздухе и воде практически неисчерпаемы, то устройство, которое создавало бы работу за счет использования этой энергии, было бы вечным двигателем «второго рода». Второй закон термодинамики утверждает, что создание такого двигателя невозможно. В природе не могут происходить процессы, единственным результатом которых было бы превращение тепла в работу. Устройство, помещенное в резервуар с теплой водой, скоро приобретет температуру воды и не будет производить никакой работы. Для того чтобы снова получить от него работу, необходимо создать разность температур, т. е. охладить данную машину. Но на это охлаждение нужно будет затратить большее количество работы, чем сможет произвести машина при полном использовании свободного тепла, возникающего за счет разности температур. Следовательно, некомпенсированный переход тепла в работу невозможен.

Второй закон термодинамики утверждает, что во всех явлениях природы теплота сама собой переходит от более

нагретых тел к менее нагретым, обратный же переход тепла невозможен, если не затрачивается дополнительная работа. Все тепловые процессы имеют тенденцию к рассеянию теплоты и выравниванию разности температур между данным телом и окружающей средой. Это значит, что происходит усреднение скоростей движения молекул. Если замкнутая система оказалась в таком состоянии, при котором уже невозможны никакие ее дальнейшие самопроизвольные превращения, то это значит, что она достигла теплового равновесия. В этом случае говорят, что энтропия системы стала максимальной. Энтропия является мерой вероятности осуществления данного термодинамического состояния или мерой отклонения системы от статистического равновесия. Она характеризует определенное «обесценение» тепловой энергии замкнутой системы, ее неспособность превращаться в другие формы энергии.

Известно, что во всякой тепловой машине не все тепло может быть превращено в работу. Пусть T будет обозначать абсолютную температуру, при которой количество тепла (Q) подводится к тепловой машине, а T_0 — температуру окружающей среды. Тогда в ходе работы машины будет потеряно следующее количество тепла: $Q_0 = \frac{Q}{T} \cdot T_0$. Отношение количества тепла (Q) к температуре (T) получило название энтропии $\left(S = \frac{Q}{T}\right)$. Из этого соотношения видно, что энтропия характеризует меру «обесценения» тепловой энергией в смысле ее неспособности к дальнейшим превращениям в работу.

Во всякой замкнутой системе процессы идут по линии выравнивания температур и установления наиболее вероятного распределения энергии между молекулами. В конечном счете система переходит в состояние термодинамического равновесия, которому соответствует максимальное значение энтропии. Второй закон термодинамики как раз утверждает, что во всех изолированных системах энтропия либо остается постоянной — при обратимых изменениях, либо возрастает — при необратимых изменениях. Но поскольку полностью обратимые процессы являются предельным идеализированным случаем, то фактически во всех замкнутых системах происходит возрастание энтропии, выражающее приближение системы к термодинамическому равновесию. Таким образом, энтропия является мерой термодинамической вероятности (W) состояния системы и связана с данной вероятностью соотношением $S = k\ln W$ (где k — постоянная Больцмана).

Следует подчеркнуть, что изменение в направлении к статистическому равновесию присуще только изолированным системам; если же система не замкнута, то в ней не может наступить статистическое равновесие.

Так, например, жизнь на Земле постоянно развивается и живые организмы не обнаруживают тенденции к переходу в состояние с максимальной энтропией. Но это не значит, что процессы в организмах идут вопреки второму закону термодинамики или что организмы являются «антиэнтропийными» системами. Второй закон термодинамики в его крайней формулировке о необходимости статистического равновесия применим лишь к замкнутым системам, организмы же являются незамкнутыми, или *открытыми*, системами. Они постоянно взаимодействуют с окружающей средой, получая от нее продукты питания, воздух, свет и тепло. Относительно таких систем второй закон термодинамики не содержит в себе никаких утверждений. Если же организм полностью изолировать от окружающей среды и превратить его в замкнутую систему, то легко понять, что без воздуха и пищи он очень скоро перейдет в состояние термодинамического равновесия со средой.

Таким образом, тенденция к дезорганизации и неупорядоченному движению преобладает в замкнутых системах, тогда как в незамкнутых системах, обладающих достаточно высокой степенью организации, возможно сколько угодно длительное упорядоченное движение и развитие по восходящей линии.

Энтропия является единственной известной функцией состояния, которая однозначно возрастает с течением времени. Эта особенность энтропии неоднократно давала повод считать ее своеобразным *указателем* направленности времени от прошлого к будущему. В некоторых работах энтропия считалась единственной характеристикой, которая совершенно однозначно изменяется с течением времени и как бы олицетворяет собой его направленность. Допустим, что в мировом пространстве, доста-

точно удаленном от звезд, движется ракета с людьми. Продвигаясь в темной пустоте пространства, люди не будут чувствовать каких-либо выделенных направлений — «верха» или «низа», поскольку тела в ракете не будут подвергаться действию силы тяжести. Все направления в пространстве будут здесь равнозначными. Естественно возникают вопросы: будет ли эта равнозначность и неразличимость распространяться и на время? По какому признаку можно будет судить, что время течет от прошлого к будущему, а не наоборот? (Для простоты предположим, что все механические часы остановились.) Эддингтон и ряд других зарубежных физиков считают, что таким признаком является возрастание энтропии системы. «Поскольку речь идет о физической вселенной,— пишет Эддингтон,— то в качестве направления времени следует определить то, в котором увеличивается дезорганизация, так что, на каком бы склоне горы мы ни стояли, стрелка времени «к будущему» будет направлена вниз» [1].

Попытка связать течение времени с изменением энтропии имеет под собой некоторые основания. Направленность времени нельзя выводить из усложнения материи в процессе развития, поскольку распад систем необходимо было бы связывать с обратным течением времени, что совершенно неприемлемо.

Однако и возрастание энтропии нельзя считать единственным и универсальным указателем направленности времени для всех процессов. Этот указатель действителен лишь для тех процессов, к которым применимо понятие энтропии. Данные процессы связаны в основном с тепловой формой движения. Что же касается других изменений, то к ним понятие энтропии не может быть применено, и поэтому указатель направленности времени здесь должен быть совершенно иным. Для иллюстрации сказанного предположим, что у нас имеется замкнутая система, в которой установилось термодинамическое равновесие. Если считать течение времени функцией возрастания энтропии, то следовало бы признать, что время в такой системе уже перестало течь. Но этот вывод не имеет никакого смысла, поскольку даже после установления статистического равновесия движение в системе не прекращается. Хотя в среднем скорости молекул станут примерно одинаковы, тем не менее они намного будут отличаться от нуля. Будут происходить также движение атомов в молекулах, элементарных частиц в атомах, их различные взаимодействия через поля. Эти формы движения принципиально неуничтожимы, и само их существование уже предполагает течение времени, которое выступает как объективная мера длительности всякого изменения. Между тем понятие энтропии к ним неприменимо.

[1] *A. Eddington,* New pathways in science, Cambridge, 1935, p. 63.

Но даже при рассмотрении макроскопических явлений возникают значительные трудности и противоречия в связи с указанным пониманием энтропии. В некоторых случаях, как утверждает статистическая физика, возможно не только возрастание, но и уменьшение энтропии. Это связано с флуктуациями, которые могут происходить в системе, стремящейся к статистическому равновесию. Возьмем в качестве примера сосуд, разделенный перегородкой; по одну сторону перегородки имеется газ, по другую — вакуум. Если убрать перегородку, то газ устремится в пустую половину, так что вскоре его плотность всюду окажется одинаковой. Возникнет состояние статистического равновесия с максимальной энтропией. Если система изолирована, то это состояние может сохраняться сколько угодно долго. Однако через определенные интервалы времени в системе будут возникать отклонения от данного состояния, или флуктуации. Более того, принципиально возможно, что на один какой-то момент времени все молекулы снова соберутся в одной половине, тогда как вторая будет пустой. Правда, вероятность такого события ничтожно мала; она тем меньше, чем больше молекул в сосуде. Если масса газа равна примерно 1 *г*, то подобное событие может осуществиться лишь один раз за много триллионов лет. Однако в данном случае важна принципиальная возможность подобного процесса. Допущение этой возможности имеет важное значение в физике. В конце XIX в. Больцман использовал представление о флуктуациях для критики теории тепловой смерти вселенной. Больцман полагал, что во вселенной постоянно происходят отклонения от статистического равновесия, сопровождающиеся уменьшением энтропии в определенных областях пространства.

Возможность флуктуаций с уменьшением энтропии вносит существенное изменение в понимание связи энтропии со временем. Если течение времени от прошлого к будущему отождествлять с возрастанием энтропии, то уменьшение энтропии следовало бы связать с обратным течением времени — от будущего к прошлому. Но подобная направленность времени физически невозможна, поскольку в этом случае обертывается вспять причинно-следственная связь явлений и оказывается невозможным никакое взаимодействие тел. Значит, нельзя возрастание энтропии считать критерием течения времени к будущему. Не время производно от частной физической характеристики — энтропии, а, наоборот, возрастание энтропии является производным по отношению к изменению материи во времени. При этом понятие энтропии применимо не ко всем существующим в природе состояниям и формам материи, а лишь к тем, которые характеризуются термодинамическими параметрами.

Что же в таком случае можно считать действительно всеобъемлющим и однозначным критерием направленности времени? Таким критерием следует считать сами объективные закономерности взаимодействий и причинной связи явлений. А именно: время течет от прошлого к будущему потому, что имеет место причинная связь явлений, находящая свое выражение в действии законов природы. При обратном течении времени причинная связь была бы невозможна, а следовательно, невозможно было бы взаимодействие и движение. Поэтому такая направленность времени объективно не существует, а значит, для нее не может быть и критериев.

Разумеется, помимо причинно-следственной связи в будущем, по-видимому, будут установлены другие конкретные критерии направленности времени, связанные с определенными свойствами материи. Но каждый из них будет действовать, очевидно, лишь в узкой области явлений, определяемой границами существования данного свойства. Что же касается причинно-следственной связи, то она проявляется во всех областях материального мира и поэтому выступает в качестве наиболее общего критерия направленности времени.

§ 5. Неуничтожимость развития материи в космосе

Наличие в природе необратимых изменений выдвигает вопрос о том, означает ли эта необратимость какую-нибудь направленность в развитии всей природы и ее приближение к определенному конечному состоянию или же при всей необратимости изменений развитие мира бесконечно в пространстве и времени? В современной зарубежной литературе данный вопрос зачастую решается в духе первого положения, т. е. допускается возможность конечной стадии развития мира, которая отождествляется с состоянием тепловой смерти, или теплового равновесия, вселенной.

Впервые вывод о тепловой смерти вселенной был сделан во второй половине XIX в. Томсоном, а затем развит Клаузиусом. Распространив второй закон термодинамики на всю вселенную, Клаузиус пришел к выводу, что все процессы в природе происходят только в направлении рассеяния энергии, так что вселенная неуклонно стремится к состоянию термодинамического равновесия. С тех пор эта концепция неустанно пропагандируется в работах физиков и философов-идеалистов. Особенно значительную роль в ее распространении сыграли Джинс и Эддингтон. Рассматривая второй закон термодинамики как закон «обесценения» энергии во вселенной, Джинс писал: «Уровень энергии не может падать вечно, и, подобно гирям на часах, энергия должна достичь своего наинизшего положения. Так и вселенная не может двигаться вечно; рано или поздно должно прийти время, когда ее последний эрг энергии достигнет низшей ступени на лестнице вырождения активности, и в этот момент действенная жизнь вселенной прекратится. Энергия еще сохранится, но она потеряет всякую способность к изменению; она так же мало будет способна привести в движение вселенную, как вода в тихом пруду вращать водяное колесо. Мы окажемся в мертвой, хотя, возможно, и теплой вселенной». «Для вселенной, так же как и для смертных, единственная возможная жизнь заключается в движении к могиле» [1].

---

[1] *James Jeans*, The Universe around us, Camb.— N. Y., 1945, p. 279—280.

Джинс полагает, что если плотность вещества во вселенной составляет 10^{-28} *г/см*^{3}, то при полном превращении вещества в излучение температура мирового пространства поднялась бы лишь на несколько десятков градусов, оставаясь все же «значительно ниже температуры жидкого воздуха».

К выводам Джинса присоединяется Эддингтон, который считает, что со временем все вещество вселенной превратится в излучение и мир будет подобен расширяющемуся шару радиоволн. «В таком случае,— пишет Эддингтон,— я могу описать конец физического мира как колоссальную радиопередачу» [1].

Возрастание энтропии Эддингтон считает указателем направленности изменения времени от прошлого к будущему, и так как при тепловой смерти энтропия должна достичь максимума, то время в этом случае перестанет течь. Эддингтон пишет: «Энтропия не может дальше увеличиваться, и, поскольку второй закон термодинамики запрещает ее уменьшение, она остается постоянной. Тогда наш указатель времени исчезает, и, поскольку речь идет о системе, время прекращает свое течение. Это не значит, что время перестанет существовать, оно существует и простирается дальше, так же как существует и простирается пространство, но в нем нет более никакого динамического качества. Состояние термодинамического равновесия является необходимым состоянием смерти, так что никакого сознания не будет, чтобы предусмотреть тот или иной указатель «стрелы времени». Это будет конец мира».

«Взглянем теперь в противоположном направлении, — продолжает Эддингтон. — Прослеживая время в прошлое, мы находим все большую организацию в мире. Если мы не остановимся раньше, то мы дойдем до такого времени, когда материя и энергия имели в мире максимум возможной организации. Идти дальше этого в прошлое невозможно. Мы приходим к другому концу пространства — времени — к граничному концу, — но только согласно нашему направлению времени мы назовем его началом» [2].

---

[1] *A. Eddington*, New pathways in science, p. 71.
[2] Ibid., p. 58.

Теория тепловой смерти вселенной и поныне распространяется в различных зарубежных изданиях. В плену данной теории оказался видный американский ученый Н. Винер — один из создателей кибернетики. В своей книге «Кибернетика и общество» Винер неоднократно подчеркивает, что «вселенной в целом... присуща тенденция к гибели» [1].

«Рано или поздно мы умрем, и очень вероятно, что вся окружающая нас Вселенная, когда мир будет приведен в состояние единого громадного температурного равновесия, где не происходит ничего действительно нового, умрет в результате тепловой смерти. Не останется ничего, кроме скучного единообразия, от которого можно ожидать только небольших и незначительных местных отклонений» [2].

Теория тепловой смерти еще при своем возникновении была подвергнута решительной критике Ф. Энгельсом, который показал, что эта теория вплотную смыкается с религией. Разоблачая утверждения о неизбежности превращения всех форм движения в теплоту, которая необратимо рассеивается в пространстве, Ф. Энгельс указывал, что движение материи неуничтожимо не только в количественном, но и в качественном смысле, т. е. в смысле возможности его неограниченных превращений из одних форм в другие. Излученная в мировое пространство теплота должна снова превратиться в другие формы движения, с тем чтобы вступить в новый цикл развития. Эти положения Ф. Энгельса представляют философскую основу опровержения теории тепловой смерти вселенной.

Существенный вклад в критику данной теории внес выдающийся физик-материалист Л. Больцман (1844—1906). В классической термодинамике считалось, что если система достигла теплового равновесия, то в ней прекращаются какие-либо активные процессы, связанные с отклонением от этого состояния. Больцман подошел к проблеме теплового равновесия иначе, с позиций молекулярно-кинетической теории теплоты. Он связывает понятие энтропии с состоянием молекулярной системы, причем допускает возможность изменения этой системы даже при

---

[1] *Н. Винер*, Кибернетика и общество, Изд-во иностранной литературы, М., 1958, стр. 28, 47.
[2] Там же, стр. 43.

статистическом равновесии. Энтропия оказывается пропорциональной логарифму вероятности состояния системы, а коэффициентом пропорциональности оказывается так называемая константа Больцмана. Возрастание энтропии есть переход ко все более вероятным состояниям. Но так как состояние наибольшей вероятности близко к состоянию немного меньшей вероятности, то в системе будут происходить небольшие отклонения от этого состояния, или флуктуации, в течение которых энтропия будет уменьшаться.

Больцман переносит эти представления на всю вселенную. Он принимает, что второй закон термодинамики справедлив для всей вселенной, которая в целом находится в состоянии теплового равновесия. Однако в отдельных частях вселенной происходят отклонения от этого состояния, или флуктуации, с уменьшением энтропии, захватывающие иногда гигантские по размерам области. Подобные флуктуации определяются вероятностными законами, и после каждой из них система возвращается в прежнее состояние равновесия. Окружающая нас область пространства представляет собой именно такую гигантскую по размерам флуктуацию, в ходе которой возникли возможности для появления жизни на Земле.

Флуктуационная гипотеза Больцмана сыграла определенную прогрессивную роль в борьбе против теории тепловой смерти вселенной, поскольку она доказывала возможность постоянных изменений в мире. Однако поскольку Больцман стоял на позициях метафизического и механического материализма, то выдвинутая им гипотеза заключала в себе также и принципиальные недостатки, которые обесценивали ее положительное критическое содержание.

Как и представители критикуемой им теории, Больцман распространял второй закон термодинамики на всю бесконечную вселенную, для чего нет ни логических, ни фактических оснований. Дав статистическое толкование данного закона, он отверг лишь идею неизменности вселенной после установления теплового равновесия, но не само положение о тепловом равновесии. Последнее он считал истинным. Более того, он принял, что вселенная уже находится в данном состоянии, т. е. провозгласил действительным то, что сторонники данной теории выдвигали в качестве возможности лишь в отдаленном будущем. Закономерность развития во вселенной Больцман вообще отрицал, сводя развитие к сумме случайных отклонений от общего состояния теплового равновесия.

В силу этих принципиальных недостатков гипотеза Больцмана явилась не опровержением теории тепловой смерти вселенной, а по существу лишь вторым этапом в развитии этой теории. Если на первом этапе развития теории исключались какие-либо изменения после достижения вселенной термодинамического равновесия, то на втором этапе данные изменения в принципе допускаются, но лишь в виде флуктуаций на общем фоне теплового равновесия.

В обоих случаях имело место абсолютизация второго закона термодинамики, понимание его в качестве всеобщего принципа, характеризующего все формы движения материи. Подобный взгляд на закон был связан в классической физике с метафизическими воззрениями на строение материи. Полагая, что материя состоит из бесструктурных атомов, которым присуще лишь одно механическое движение, многие физики считали, что, как только установится термодинамическое равновесие, должно прекратиться всякое активное изменение природы.

Распространение второго закона термодинамики на всю вселенную аргументировалось следующим соображением: поскольку вселенная бесконечна и является единственно существующей системой, то ее можно рассматривать как замкнутую в самой себе, а следовательно, подчиняющуюся закону возрастания энтропии. Выше было показано, что подобная аргументация является совершенно неправомерной, поскольку понятие замкнутости неприменимо к бесконечным изменяющимся системам. В силу этого установление статистического равновесия оказывается принципиально невозможным.

Но дело не только в этом. Если бы даже и существовали замкнутые космические системы, то при наличии у них достаточно больших размеров в них все равно не могло бы установиться тепловое равновесие, полностью исключающее изменение материи в данной системе. Причина этого заключается в том, что в природе существуют процессы, ограничивающие действие второго закона термодинамики.

Предположим, что существует космическая система достаточно больших размеров, пространство которой

обладает положительной кривизной[1]. Такая система будет подобна замкнутому миру Эйнштейна, в котором большая часть электромагнитного излучения остается в пределах системы. Наступит ли в развитии такой системы состояние статистического равновесия? Ни в коей мере. Если даже предположить, что произойдет усреднение скоростей движения молекул и атомов, то все равно не исчезнут те формы движения, которые связаны со структурой данных микрочастиц. Будут существовать прежде всего гравитационные взаимодействия, свойственные всем известным ныне формам материи. Сохранятся электромагнитные и внутриядерные процессы, уничтожение которых принципиально невозможно. Тем более это справедливо в отношении тех форм движения, которые существуют в структуре самих элементарных частиц и обусловливают их свойства. Все эти процессы будут постоянно взаимодействовать между собой, вызывая непрекращающиеся закономерные изменения в системе. Поскольку материя неисчерпаема в своей структуре, то множество ее возможных внутренних состояний и процессов бесконечно и не может быть реализовано ни за какой отрезок времени. Как бы долго природа ни существовала, всегда будут иметься возможности для ее дальнейших изменений.

Система, обладающая бесконечным множеством внутренних возможностей изменения, способна развиваться в любых направлениях. Для нее не существует наиболее вероятных конечных состояний. Конкретные направления в ее развитии будут определяться имеющимися внешними условиями, но во всех случаях развитие будет неуничтожимым. По отношению к такой системе неприменимо понятие наиболее вероятного состояния в смысле термодинамического равновесия, ибо для нее всякие состояния будут равновероятны. Бесконечная вселенная является системой, или, вернее, совокупностью систем, именно такого рода[2]. Какое бы состояние вселенной мы ни рассматривали, всегда можно указать множество совершенно других состояний, которые будут обладать одинаковой

---

[1] Подробнее об этом см.: *С. Т. Мелюхин*, Проблема конечного и бесконечного, Госполитиздат, 1958, стр. 183—200.

[2] Справедливость данного вывода была показана ранее И. Р. Плоткиным («Журнал экспериментальной и теоретической физики», т. 20, вып. 11, 1950).

вероятностью осуществления. Благодаря этому состояние теплового равновесия оказывается для вселенной принципиально неосуществимым, а вывод о его необходимости основан на ошибочном понимании вселенной как замкнутой системы с конечным числом возможных внутренних состояний.

Рассмотрим теперь конкретно те процессы, которые противостоят наступлению теплового равновесия, обусловливая вечность развития материи в природе. Основная проблема здесь состоит в выяснении того, каким образом возвращается в общее развитие материи та теплота, которая была излучена звездами и другими телами в ходе их эволюции, является ли излучение электромагнитных волн необратимым процессом или же все излученные электромагнитные поля в конечном счете поглощаются частицами вещества.

Очевидно, для объяснения бесконечности развития необходимо признать только вторую возможность, поскольку допущение первой приводит к непреодолимым противоречиям. Постоянное и необратимое рассеяние электромагнитного излучения во вселенной было бы возможно в двух случаях: 1) если бы вселенная представляла собой остров материи, существующей в бесконечном пустом пространстве; 2) если бы вселенная была построена иерархически и плотность вещества в ней неуклонно стремилась к нулю с увеличением размеров систем; тогда с возрастанием масштабов стремилось бы к нулю и поглощение излучения.

Однако вселенная не может быть устроена таким образом. В обоих случаях средняя плотность материи должна была бы быть равной нулю, что совершенно неприемлемо, так как тогда не могли бы существовать пространство и время, которые являются важнейшими атрибутами материи и без нее не обладают никакой реальностью. Иерархическая структура вселенной исключается объективными законами взаимодействия тел, поскольку здесь не выполняется критерий устойчивости систем. Поэтому начиная с некоторых, достаточно больших масштабов должно иметь место более или менее равномерное распределение вещества. При наличии такого распределения все излучение рано или поздно неизбежно будет поглощено веществом. Если общая суммарная масса систем, находящихся в некоторой области пространства, достаточно велика, то

их гравитационное поле окажется таким мощным, что оно будет в состоянии удержать в пределах данной области большую часть излучения звезд, пока не будет поглощено диффузным веществом. Система такого рода обладала бы положительной кривизной пространства, наподобие замкнутого мира Эйнштейна, с той только существенной разницей, что в реальной вселенной таких миров должно существовать бесконечно много. Связь между ними должна происходить, по-видимому, не только при посредстве электромагнитного и гравитационного полей, но и с помощью каких-то других сил неизвестной еще природы.

Поглощение излучения веществом естественным образом вытекает из закономерностей движения материи, и поэтому оно необходимо должно иметь место. Если бы в природе происходил только переход вещества в излучение, то в мире уже давно не было бы вещества, а существовало только одно излучение. Поскольку же этого нет, то отсюда следуют два возможных вывода, если только придерживаться взгляда о необратимости перехода вещества в излучение: 1) или необходимо признать начало мира в форме некоторого сверхъестественного творения; 2) или же, не прибегая к идее творения, допустить, что существующее в настоящее время вещество само возникло на определенном этапе развития из некоторой совершенно иной материи. В таком случае существующие формы материи являются преходящими; со временем все вещество перейдет в излучение и мир окажется в принципиально ином состоянии.

Первый вывод явно неприемлем, поскольку он не выходит за пределы религии. Второй вывод в принципе не ведет к религии, но он не имеет под собой каких-либо естественнонаучных оснований. Более того, он противоречит всем известным законам природы и наблюдаемым фактам. Если бы всюду вещество необратимо превращалось в излучение, то любая область пространства являлась бы источником электромагнитных волн. Поскольку же вселенная бесконечна, то любой участок вселенной должен был бы обнаруживать такую же яркую светимость, как и Солнце. Но это противоречит всем наблюдаемым фактам, из чего следует, что в природе существуют обратные процессы преобразования излучения в вещество.

Сама по себе возможность такого превращения не представляет чего-либо противоестественного. Уже в настоящее время известны процессы перехода фотонов большой энергии в электронно-позитронные пары, а также в некоторые другие микрочастицы. В принципе возможны превращения и при меньшей энергии фотонов. Это следует из факта относительности различия между веществом и электромагнитным полем. Противопоставление поля и вещества является совершенно относительным. Оно возможно лишь в плане макроскопического взгляда на мир. Но в плане микроструктуры само вещество представляет собой совокупность частиц и полей с конечной и нулевой массой покоя. В любом теле электромагнитные и гравитационные поля занимают основную часть пространства, тогда как на долю микрочастиц приходится примерно 10^{-13} всего объема тела. Поля объединяют микрочастицы в системы, и сами находятся в данных системах в «связанном» состоянии. При актах излучения, обусловленных изменениями в структуре микрообъектов, поля переходят в «свободные» состояния. Их поглощение веществом означает обратный переход в «связанное» состояние.

Правда, при всяком поглощении значительная часть энергии обратно излучается телом в пространство, но все же определенный процент энергии необратимо поглощается телом, что равносильно переходу соответствующих полей в «связанное» состояние. В пространстве, заключающем достаточно большое количество вещества, все излучение должно быть в конечном счете поглощено, включившись в новый цикл развития. Каким же образом будет происходить это развитие?

Если масса диффузной туманности достаточно велика, то энергия гравитационных связей между ее составными элементами может превысить собственную кинетическую энергию каждого элемента и энергию внешних воздействий. В таком случае данная туманность будет устойчивой против действия внешних сил и начнет сжиматься.

При сжатии энергия гравитационных связей превратится в теплоту и произойдет саморазогревание туманности. Когда температура достигнет нескольких миллионов градусов, а давление 10^9 *кг/см²*, станут возможными частые сближения протонов и нейтронов до областей действия ядерных сил и начнется интенсивная термоядер-

ная реакция. Выделение энергии здесь может быть настолько интенсивным, что вся система распадается на группу звезд, в которых установится равновесие между лучевым давлением и гравитационными силами. Начнется новый цикл развития материи в звездных системах.

Нетрудно видеть, что в этих процессах мы сталкиваемся с ограничением сферы действия второго закона термодинамики за счет других закономерностей, обусловливающих развитие материи. Данный закон характеризует не все формы движения, а только те, которые связаны с превращениями тепла. Он не распространяется на гравитационные, ядерные и в значительной мере на электромагнитные процессы, а между тем именно они обусловливают концентрацию рассеянной материи и включение ее в новые циклы развития.

Уже давно было замечено, что второй закон термодинамики не распространяется на броуновское движение, которое не обнаруживает никакой тенденции к прекращению. Он неприложим к некоторым другим микропроцессам, где возможна передача энергии квантами от систем с меньшей внутренней энергией к системам с большей энергией. Поэтому его нельзя считать таким же всеобщим законом, каким является, например, закон сохранения энергии, который действует во всех без исключения процессах, как единичных, так и массовых.

Второй закон термодинамики безраздельно господствует лишь в сфере превращения тепловой формы движения. Он говорит, что во всех тепловых процессах возможен переход тепла лишь от менее нагретых тел к более нагретым, но не наоборот. Но данный закон не учитывает возможности возникновения теплоты за счет нетепловых процессов, например за счет гравитационного сжатия системы и возникновения в ней термоядерных реакций. Последние процессы подчиняются другим, внутриатомным закономерностям. Но если возникла система, обладающая тепловой энергией, то дальнейшая эволюция данной системы будет в значительной степени подчиняться второму закону термодинамики. В системе такого рода энтропия будет постоянно возрастать. Но максимального значения она не достигнет, поскольку система не замкнута и составляющая ее материя рассеивается в пространстве, пока, наконец, система не прекратит своего существования. Рассеянная

материя не будет, однако, находиться в статистическом равновесии, а со временем начнет концентрироваться под действием гравитационных сил. Сжатие системы приведет к ее разогреванию, возникновению — при достаточно большой массе — термоядерных реакций, и цикл развития начнется снова. Таким образом, несмотря на возрастание энтропии в каждой конечной системе, в целом мир не будет стремиться к статистическому равновесию, в силу чего понятие максимального значения энтропии к нему оказывается совершенно неприменимым.

Здесь, однако, могут возникнуть вопросы: не будут ли подобные циклы развития ограничиваться запасами водорода во вселенной? Не наступит ли такое время, когда бо́льшая часть всего водорода превратится в тяжелые и средние элементы, которые уже окажутся неспособными к ядерным реакциям? В таком случае произошло бы равномерное распределение в пространстве энергии излучения и атомных ядер и мир перешел бы в состояние теплового равновесия, как это и предсказывается вторым началом термодинамики. Очевидно, для того чтобы подобное состояние не наступило, в природе должны происходить обратные процессы расщепления ядер на протоны и нейтроны, являющиеся источником регенерации водорода. Эти процессы должны обладать очень большой энергией, поскольку протоны и нейтроны необычайно прочно связаны в ядрах устойчивых элементов.

Современная наука дает пока что очень мало конкретного материала для решения этой проблемы, но тем не менее она указывает на существование некоторых процессов в природе, которые могут обусловливать — по крайней мере частично — возобновление запасов водорода. Первый из таких процессов связан с действием космического излучения. Частицы в первичных космических лучах обладают очень большой энергией, равной в среднем 10^{10}—10^{12} электроновольт. Частица такой энергии при столкновении с атомным ядром среднего элемента способна вызвать его расщепление на протоны и нейтроны. Велика ли вероятность подобных расщеплений в мировом пространстве?

Последние наблюдения при помощи искусственных спутников Земли показывают, что за пределами атмосферы на 1 *см*² поверхности падает в среднем по одной частице в секунду. Предположим, что в мировом

пространстве интенсивность космического излучения является той же самой. Если поток такой интенсивности проходит через облако диффузной материи с плотностью в 10^{-19} *г/см*^{3}, то каждое ядро имеет вероятность быть расщепленным примерно за 10^{19} сек., т. е. за 300 млрд. лет. При большей плотности излучения и диффузного вещества вероятность расщепления соответственно увеличивается.

Но космические лучи не являются единственным фактором, обеспечивающим регенерацию водорода, поскольку их энергия значительно меньше энергии термоядерных реакций в звездах, обусловливающих синтез элементов. Помимо космических лучей в природе существуют другие процессы, вызывающие расщепление ядер на нуклоны. Данные процессы связаны опять-таки с гравитационными взаимодействиями тел.

Чтобы представить их сущность, предположим, что в некоторой области пространства исчерпаны основные запасы водорода и существуют только средние и тяжелые элементы, которые не способны к известным типам термоядерных реакций. Будет ли развитие материи в данной области пространства направлено по линии установления статистического равновесия? Этого может и не быть. Если суммарная масса вещества в данной области достаточно велика, то начнется его гравитационная концентрация в более плотные образования. В водородном облаке критическая масса, необходимая для начала термоядерных реакций, составляет примерно 0,02 массы Солнца. В случае средних и тяжелых элементов данная масса окажется уже совершенно недостаточной для развития ядерных реакций. Поэтому тело такой массы не будет звездой.

Однако если в окружающем пространстве имеется много диффузного вещества, то ничто не помешает данному телу непрерывно увеличивать свою массу за счет поглощения этого вещества. В конечном счете масса тела может стать настолько большой, что внутри него возникнут давление в биллионы килограммов на квадратный сантиметр и температура в миллиарды градусов. В настоящее время еще неизвестно, как будет вести себя вещество при таких условиях.

Но вполне возможно, что непрерывное количественное увеличение температуры и давления в недрах системы

приведет на определенном этапе к резкому качественному преобразованию физических процессов в ней, к таким интенсивным изменениям в микроструктуре ядер и элементарных частиц, что вся система взорвется с колоссальной силой. В процессе взрыва выделится такое большое количество энергии, что станет возможным расщепление ядер на протоны и нейтроны. Если при вспышках сверхновых звезд возможен синтез сложных ядер из простых, то при энергии взрыва, в миллиарды раз превышающей энергию вспышки сверхновой, возможен обратный процесс расщепления ядер на элементарные частицы.

Может быть, предполагаемое расширение Метагалактики и является следствием подобного взрыва? В таком случае здесь должен был бы происходить не синтез элементов, как утверждали Альфер, Бете и Гамов, а их расщепление. Образование же средних и тяжелых элементов должно происходить при гораздо меньшей энергии взрыва, типа вспышек сверхновых. В настоящее время пока нельзя привести конкретных данных для обоснования приведенных соображений, и поэтому все сказанное выше представляет собой не более, как гипотезу. Но вряд ли можно сомневаться в том, что взаимодействие гравитационного, электромагнитного и ядерного полей представляет собой один из тех основных факторов, которые обусловливают вечность развития материи в космосе.

В дополнение к сказанному необходимо отметить еще одну возможность регенерации водорода. В связи с открытием большого количества античастиц вполне вероятной становится гипотеза антимира.

Возможно, что в природе существует бесчисленное множество космических систем, состоящих из античастиц. В областях взаимного соприкосновения обычного вещества с антивеществом должно происходить преобразование частиц и античастиц в излучение, сопровождающееся выделением огромной энергии. Этой энергии окажется достаточно для расщепления любых атомных ядер, и, таким образом, взаимодействие противоположностей можно рассматривать как подлинный источник неуничтожимого саморазвития материи.

Обобщая сказанное, мы можем сделать вывод, что наступление теплового равновесия в мире принципиально невозможно, поскольку:

1) вселенная бесконечна в пространстве и является незамкнутой совокупностью систем;

2) множество всех возможных состояний материи является бесконечным и не может быть реализовано за сколько угодно значительный отрезок времени; поэтому понятие о наиболее вероятном состоянии, отождествляемом с максимальным значением энтропии, к миру в целом совершенно неприменимо;

3) в природе существуют процессы, ограничивающие сферу действия второго закона термодинамики и обусловливающие возникновение теплоты за счет качественно иных форм движения;

4) возможна неограниченная регенерация водорода в результате взаимодействия и превращений различных микрочастиц и полей.

В связи с этим необходимо подчеркнуть, что нельзя энтропию считать мерой вероятности всякого состояния, как это утверждалось в некоторых работах. Понятие вероятности гораздо шире, чем понятие энтропии. Энтропия характеризует не всякую форму движения, а лишь тепловую и поэтому должна рассматриваться как мера вероятности *термодинамического состояния* [1].

Что же касается других форм движения — электромагнитной, гравитационной, ядерной, химической, биологических и т. д., то они должны иметь совершенно другие меры вероятности. Соответственно этому наиболее вероятным здесь будет не состояние максимальной дезорганизации и равновесия, как это имеет место в тепловых процессах в замкнутых системах, а состояние упорядоченного движения, делающее возможным закономерное возникновение одних форм материи из других, в частности образование более сложных систем из менее сложных. Такое образование всегда происходит, когда для этого имеются соответствующие условия. Учитывая это, в современной физике и астрономии необходимо сформулировать совершенно новый принцип — *принцип развития и интеграции материи.*

Идея развития до недавнего времени разрабатывалась главным образом в биологии и социологии. Что же касается физики и астрономии, то здесь ей уделялось недостаточное внимание, главным образом из-за ограниченных экспериментальных данных. Большинство законов, сформулированных здесь в виде математических соотношений, выражают либо связь между сосуществующими свойствами тел, либо кратковременные состояния систем в определенных условиях. Некоторые же из установленных законов, как, например, второе начало термодинамики, подчеркивали всеобщность противоположных развитию процессов дезорганизации и распада.

В настоящее время накоплено значительное количество экспериментального, или, точнее, наблюдательного, материала, выражающего различные черты развития неорганической материи. В связи с этим особенно остро встала задача формулировки принципа развития в неорганической природе, причем не только в общем качественном виде, но и в форме определенной системы математических соотношений. Данный принцип должен учитывать диалектические закономерности развития и давать более или менее точную картину того, каким образом происходит обратная концентрация рассеянной материи и энергии и включение ее в новый цикл развития. В дальнейшем, по мере разработки этого принципа, необходимо будет сформулировать математические законы развития систем различного порядка и возможные пути перехода от неорганической материи к органической, способной ощущать и мыслить.

---

[1] Необходимо заметить, что в кибернетике понятие энтропии употребляется в несколько ином смысле, чем в термодинамике. Здесь оно определяется как мера количества разнообразия в передаче информации. Основанием для такого определения энтропии служит аналогия между физическим определением энтропии как функции, пропорциональной логарифму вероятности состояния системы $S = k \ln w$ (k — постоянная Больцмана), и выражением для количества информации, которое также оказывается пропорциональным логарифму вероятности разнообразия передаваемой информации. В настоящей работе всюду имеется в виду только физическое понимание энтропии.

ГЛАВА ПЯТАЯ

ПРИЧИННАЯ СВЯЗЬ ЯВЛЕНИЙ В РАЗВИТИИ

§ 1. Основные формы причинных связей

Для понимания процесса развития в природе большое значение имеет выяснение того, каким образом предшествующие состояния систем связаны с их последующими состояниями; можно ли сказать, что прошлые состояния и закономерности развития системы целиком определяют ее состояния и закономерности развития в будущем; заложено ли будущее состояние в настоящем, а настоящее — в прошлом. Другими словами, нужно выяснить, имеется ли какая-либо однозначная причинная связь между любым данным состоянием системы и ее последующими состояниями и можно ли в принципе на основе знания всех причинных связей в настоящем определить все возможные следствия на будущее, сколько угодно отдаленное.

Все эти и другие аналогичные вопросы возникли уже в рамках античной философии и с тех пор постоянно обсуждаются. Рациональное их понимание требует прежде всего выяснения взаимоотношения между причиной и следствием, случайностью и необходимостью, возможностью и действительностью в развитии. Рассмотрим сначала соотношение между причиной и следствием.

В мире существует всеобщая связь предметов и явлений, их универсальное взаимодействие друг с другом. Но для того, чтобы исследовать явления в деталях, мы должны рассматривать их отдельно, в пространственной и временной последовательности. В таком случае эти явления выступают по отношению друг к другу как причины и следствия. Понятия причины и следствия возникают, таким образом, на основе практики.

Деление явлений на причины и следствия относительно и целиком определяется характером связей материальных объектов. Это значит, что определенное явление выступает только как причина или только как следствие лишь в данных связях, но не вообще. Если же его рассматривать в универсальных связях, то оно будет выступать одновременно и как причина и как следствие, но только в разных отношениях. Оно будет следствием по отношению к тем явлениям, которые ему предшествовали и вызвали его, и причиной по отношению к тем явлениям, которые оно само вызовет. В рамках же одной системы взаимоотношения между причиной и следствием вполне однозначны: причина всегда предшествует следствию.

Причинная связь предполагает *органическую* взаимозависимость явлений. Здесь недостаточно одной только временной их последовательности. Это значит, что если какое-нибудь явление происходит после другого, то совершенно не обязательно, чтобы оно было его следствием. Оно может быть таковым, но может и не быть. Суждение «после этого — значит, вследствие этого» не является каким-то непреложным правилом. Оно может быть правильным, но может быть и ложным. Если какое-нибудь явление выступает как следствие другого, то совершенно очевидно, что оно происходит после него. Но одна только временная последовательность может еще не предполагать никакой причинной связи, ибо причинная связь — это такая форма взаимозависимости между явлениями, при которой возникновение одних явлений органически зависит от осуществления других и без них принципиально невозможно.

Взаимоотношение между причиной и следствием находит свое выражение в принципе причинности. Последний утверждает, что нет действия без причины, и если в разных областях пространства и в различные моменты времени созданы две материальные системы, в которых имеются тождественные начальные условия и действующие силы, то течение процессов в них приведет к одинаковым следствиям. Более подробная и точная формулировка принципа причинности может быть выражена в виде следующих четырех положений:

1) нет действия без причины и причины без действия (или следствия);

2) всякое явление может быть следствием сколько угодно большого количества причин и причиной какого угодно большого количества следствий;

3) множество одинаковых (подобных) причин, представляющих внутренние и внешние связи систем, структуру пространства и времени, действующие законы, порождают в своем развитии множество одинаковых (подобных) следствий;

4) в развитии происходит не только развертывание или реализация причинных связей, заложенных в предшествующих состояниях системы, но и создание принципиально новых причинных связей, не заложенных в отдаленных прежних состояниях, а возникающих как тенденции новых состояний.

Положение 1 представляет собой естественный вывод из *принципа сохранения материи* и ее важнейших свойств, ибо оно утверждает, что любое явление, как бы незначительно оно ни было, не может возникнуть из ничего и обязательно имеет свою причину. Точно так же оно не может бесследно исчезнуть, обратиться в ничто, а вызывает соответствующее ему следствие.

Положение 2 вытекает из *принципа неисчерпаемости* материи. Если мы зададимся целью проследить все причины какого-нибудь явления, то должны будем разложить его на элементарные составляющие, т. е. исследовать причины движения каждой молекулы, атома, элементарной частицы, входящей в состав рассматриваемой системы. В таком случае этих причин будет бесконечно много, как бы незначительно ни было само явление. Точно так же любое явление вызовет бесчисленное множество следствий, характеризующих внутренние и внешние связи материальных объектов. Графически данную закономерность можно было бы изобразить в виде бесконечного множества линий, пересекающихся в одной точке. Сама точка будет явлением, линии, входящие в нее,— причинами, а выходящие из нее — следствиями. Бесконечное множество линий обусловлено количественной и качественной неисчерпаемостью материи.

Положение 3 представляет собой естественный вывод из *принципа единства мира*, который утверждает, что, несмотря на качественное разнообразие законов движения материи, в природе существуют единые закономерности, имеющие всеобщее значение. Данное положение лежит в основе метода аналогий и моделирования, широко используемого в различных областях науки и техники.

Наконец, положение 4 вытекает из *принципа развития* материи. Оно характеризует взаимоотношение между причиной и следствием, возможностью и действительностью в развитии.

Рассмотрим теперь важнейшие формы причинных связей. Прежде всего необходимо отметить, что причинные связи могут быть *физическими* и *нефизическими*. К физическим связям относятся все случаи взаимодействия материальных объектов через силовые поля или путем непосредственного контакта. Нефизические причинные связи — это различные биологические и общественные отношения, например производственные, межгосударственные, национальные и т. п. Грань между этими двумя видами связей относительна, и ее нельзя абсолютизировать. Нефизические воздействия могут быть причиной изменения физического состояния системы.

Однако все нефизические воздействия могут вызывать изменение физического состояния лишь у тех объектов, которые способны воспринимать эти воздействия. Физические же воздействия способны вызывать изменение состояния всех материальных систем.

Причинные связи могут быть *внутренними* и *внешними*. К внутренним относятся все типы связей в пределах конкретной материальной системы, между ее составными элементами, тогда как к внешним — связи между данной системой и окружающими ее системами. Такое деление связей на внутренние и внешние относительно, поскольку оно определяется характером систем: связи, внутренние для данной системы, могут быть внешними для составляющих ее подсистем, и наоборот. Тем не менее оно объективно, как объективно выделение систем различного порядка.

Наконец, причинные связи могут быть *существенными* и *несущественными*, *случайными* и *необходимыми*.

Существенными являются те связи, которые коренным образом определяют основные свойства и закономерности поведения материальной системы, тогда как несущественные связи не обладают такой особенностью. Существенные связи, как правило, являются необходимыми, а несущественные — случайными, хотя это бывает не всегда. Деление связей на эти две группы нельзя абсолюти-

зировать, поскольку связи, несущественные и случайные в одной системе, могут быть существенными и необходимыми в другой. Это положение так важно, что на нем необходимо остановиться подробнее.

Зачастую необходимые и случайные события непомерно разграничивают и противопоставляют друг другу. Считается, что событие может быть либо случайным, либо необходимым, но не тем и другим одновременно. Подобное противопоставление случайности и необходимости исторически всегда приводило к двум основным неправильным взглядам: или к абсолютизации случайности, или к абсолютизации необходимости. Представители первой точки зрения обосновывали ее следующими соображениями. Если взять какое-нибудь явление и задаться целью проследить все его причины, то мы должны будем разложить его на элементарные составляющие, которых может быть сколько угодно много. В явлениях природы мы должны будем проследить историю движения каждой молекулы тела, атома и т. д., а в общественных явлениях — множество побудительных причин, заставивших людей принять то или иное решение.

Но тогда любое явление окажется обусловленным огромным количеством случайностей и будет выступать в виде их равнодействующей. Случай будет лежать в основе всех явлений, больших и малых. Любое конкретное событие нельзя считать совершенно необходимым, поскольку, если бы нам удалось проследить все его случайные причины, мы должны были бы признать, что оно может осуществиться лишь с определенной степенью вероятности, меняющейся в зависимости от обстоятельств. Правда, в случае больших и достоверных событий эта вероятность может быть близка к единице, но все же она никогда не равна единице, поскольку всегда могут появиться какие-нибудь непредвиденные внешние факторы, которые помешают осуществлению данных событий. Таким образом, случаю подвластно все и история подобна гигантской лотерее, в которой каждое событие индивидуально и неповторимо.

Противоположной точки зрения придерживались те авторы, которые считали, что в мире все необходимо. Их рассуждения основывались на следующих соображениях. Если какое-нибудь явление произошло и стало достоянием истории, то уже сам факт его осуществления

говорит о причинной обусловленности, а тем самым и о необходимости, ибо если бы оно не было необходимым, то и не произошло бы. То, что мы называем случайностью, в действительности представляет собой непознанную необходимость. Познание причин этой случайности раскрывает ее зависимость от других явлений и тем самым делает ее необходимой. Объективно же она была необходимостью и раньше, до познания ее причин. Таким образом, здесь необходимость отождествлялась с причинной обусловленностью.

Обе данные концепции правильно отражали некоторые стороны случайности и необходимости, но абсолютизировали их, в результате чего приходили к неверным выводам. Абсолютизация случайностей приводила к отрицанию объективных законов природы. Всякий закон выражает устойчивую, *необходимую* и существенную связь между явлениями, и если объективно нет необходимости, то не может быть и законов природы. Но это положение противоречит всей общественно-исторической практике человечества и поэтому должно быть отвергнуто.

С другой стороны, абсолютизация необходимости приводит к фатализму, к идее извечной предопределенности всего существующего. Любые события, как бы незначительны они ни были, являются согласно данной точке зрения совершенно неизбежными, причем необходимость их осуществления должна быть заложена уже в сколько угодно отдаленных предшествующих состояниях и они должны осуществиться именно так, а не как-нибудь иначе. Подобная концепция мало чем отличается от идеи божественного предопределения, хотя с формальной стороны она может и не содержать в себе религиозных положений. Кроме того, если считать, что любые, даже самые ничтожные события настолько необходимы, как и грандиозные по своим масштабам, то тогда не случайность мы поднимаем до уровня необходимости, а, напротив, необходимость низводим до уровня голой случайности.

Основная ошибка этих двух точек зрения состоит в неправильном противопоставлении случайности и необходимости. Между тем данные категории неразрывно связаны между собой, поскольку одно и то же явление может быть и случайным и необходимым, но только в разных связях и отношениях.

Действительно, случайность представляет собой событие, которое выражает временные, неустойчивые и несущественные связи тел, событие, которое может при данных условиях произойти, а может и не произойти — в зависимости от меняющихся причинных отношений в системе. В отличие от этого необходимость представляет собой событие или ряд событий, которые выражают постоянные, устойчивые и существенные связи тел и должны обязательно осуществиться при данных условиях. Но деление связей на существенные и несущественные относительно: те связи, которые являются несущественными для большой системы, могут быть весьма существенными для системы меньшего порядка, входящей в данную в качестве составного элемента. Поэтому и событие, случайное в рамках большой системы, может быть необходимым в рамках меньшей системы. Например, если у нас имеется кусок какого-нибудь радиоактивного вещества, в котором в секунду распадается миллион атомов, то распад *того или иного атома* будет в масштабе конкретной макроскопической системы случайным событием, поскольку мог бы распасться не этот, а какой-нибудь другой атом. Но в рамках системы меньшего порядка — ядра — распад будет уже не случайным, а необходимым событием, и это событие можно в принципе предсказать, если бы удалось проникнуть в структуру каждого ядра и точно учесть характер связей между протонами и нейтронами.

С другой стороны, может быть и так, что событие, случайное в меньшей системе, будет необходимым в системе большего порядка. Например, попадание электрона на *определенный* участок экрана после его рассеяния через дифракционную решетку представляет собой случайное событие. Но множество электронов, проходящих через дифракционную решетку, дает на экране вполне закономерную интерференционную картину, и, таким образом, указанное случайное событие представляет собой форму проявления и дополнения необходимости, относящейся к системе более высокого порядка — множеству электронов.

Можно привести примеры из общественной жизни. Рождение в какой-нибудь семье ребенка *данного*, а не другого пола представляет собой случайное событие. Но в масштабе более общей системы — большого города или

страны — оно представляет собой проявление необходимости, заключающейся в том, что здесь всегда рождается в среднем 49% детей женского и 51% детей мужского пола. Поэтому избыточная рождаемость детей одного пола в какой-нибудь семье компенсируется соответствующей рождаемостью детей противоположного пола в других семьях.

Обобщая данные примеры, можно сделать вывод, что событие, случайное в системе M, будет необходимым либо в менее общей системе $(M-K)$, либо в более общей системе $(M+K)$. Таким образом, деление связей на случайные и необходимые определяется характером систем. Если абстрагироваться от понятия системы и рассматривать материю как субстанцию, то здесь такое деление окажется уже неприменимым. В таком случае было бы правильнее говорить о *причинной* обусловленности явлений, об их подчиненности соответствующим законам взаимодействия тел. Что же касается понятий случайного и необходимого, то целесообразность их употребления возникает тогда, когда данное событие рассматривается в различных аспектах, по отношению к различным системам. При этом данное деление событий на случайные и необходимые будет в такой же степени объективным, в какой объективно деление материи на системы различного порядка. В силу этого знание причин случайности вовсе не делает ее необходимостью, она по-прежнему остается случайностью в *рамках данной* системы.

Объективность случайностей обусловлена и тем, что случайность всегда выступает как пункт пересечения многих (по меньшей мере двух) необходимых рядов событий. Для каждого такого ряда возникновение случайного события является внешним, не вытекающим из внутренних законов его развития. Но тем не менее при пересечении рядов событие возникает, и, поскольку пункт пересечения является объективной реальностью, объективна также и случайность. Отсюда нельзя, однако, делать обратного вывода о том, что всякий пункт пересечения необходимых рядов обязательно должен быть случайностью. Он может быть и необходимым событием. Например, постоянное пересечение орбит планет, движущихся по строго определенному закону,

является не случайным, а необходимым событием, поскольку оно является повторяющимся и устойчивым.

В процессе развития явлений случайность может превратиться в необходимость, если она оказывается органически связанной с теми условиями, которые возникают в системе, и вытекает из законов развития данной системы. С другой стороны, необходимость может превратиться в случайность, если исчезнут те постоянно действующие, существенные причины, которые ее вызывают.

Всякий процесс развития в природе и обществе определяется прежде всего существенными, необходимыми причинными связями, которые и должны изучаться в первую очередь. Однако при особых обстоятельствах и случайности могут сыграть большую роль, вызвав значительные по своим масштабам следствия. Особенно часто это проявляется в области общественных явлений, где исход многих событий в значительной мере зависит от субъективного фактора. Но малая причина может вызвать большие следствия не сама по себе, а *через множество других*, более мощных причин, возникновению которых она способствует. Малая причина приводит к большим следствиям лишь тогда, когда она возбуждает своеобразную цепную реакцию причинных связей, при которой одни причины порождают другие, все более мощные, пока, наконец, не происходит существенное изменение всей системы. Если же подобной цепной реакции не возникает, то малая причина завершается таким же незначительным следствием.

Итак, из многообразных причинных связей, существующих в материальном мире, основными являются физические и нефизические, внутренние и внешние, существенные и несущественные, случайные и необходимые. Каждая из форм данных связей может иметь самое различное конкретное содержание, в зависимости от внутренних особенностей явлений и внешних условий их протекания. Но в том или ином виде они присутствуют во всех явлениях, определяя их развитие. Поэтому знание взаимоотношения между ними имеет первостепенное значение.

§ 2. Проблема причинного описания развития

Всякое явление может быть правильно понято лишь в том случае, если известны причины, которые его вызвали, и следствия, которые из него возникнут. Этих причин и следствий может быть очень много, поскольку каждое явление заключает в себе множество элементарных составляющих. Поэтому полное понимание явления, до его последних оснований, практически оказывается невозможным. Но нет необходимости знать все причины явления, а важно знать лишь основные, существенные. Фактически задача сводится к нахождению закона, управляющего явлением.

Открываемый закон сначала всегда формулируется в общем качественном виде. Но идеалом каждой точной науки является не только качественная, но и количественная формулировка закона, выражение его в виде функциональной зависимости. По отношению к конкретным законам природы данная задача может быть в принципе осуществлена, поскольку эти законы характеризуют объективные функциональные отношения в системах. Ее практическое решение зависит исключительно от успехов в развитии естествознания и математической техники. Следовательно, точная формулировка причинных связей системы сводится к раскрытию различных функциональных зависимостей, относящихся к этой системе. Понятия причинности и функциональной зависимости оказываются тесно связанными между собой. Но, несмотря на их глубокое внутреннее единство, они все же полностью не совпадают. Отношение между ними можно представить в виде двух взаимно пересекающихся кругов. Здесь наряду с общей областью 2, обозначающей совпадение причинности и функциональной зависимости, имеется еще область 1, выражающая функциональную зависимость, которая не является причинной связью, и область 3, где причинная связь не является функциональной.



Рассмотрим вкратце, что входит в каждую из этих

областей. Остановимся сначала на области 2. Эта область характеризует все те явления, в которых имеется устойчивая и закономерная связь между причиной и следствием. При такой связи изменение одних явлений, выступающих как причины, вызывает точно определенное изменение других явлений, представляющих собой следствия, так что в целом взаимоотношение между ними подчиняется некоторому функциональному закону.

Подобный характер связи имеется, например, между микрочастицами при объединении их в более сложные системы. Аналогичным образом связаны между собой различные органы живого организма в процессе его развития. Так, в человеческом организме имеется функциональная связь между работой сердца, легких, нервной системы и т. п. Изменение одного органа вызывает вполне определенное изменение других, и по последним можно судить о состоянии первого.

Функциональные причинные отношения имеются в развитии общественных явлений. Существует, например, вполне определенная связь между работой различных цехов большого предприятия, различными отраслями промышленности, между транспортом и торговлей и т. п. Все эти многообразные отношения можно в принципе выразить на основе соответствующих математических зависимостей, которые будут иметь вид либо динамических, либо статистических законов. Все трудности в решении данной проблемы являются чисто техническими, объективно же законы данных явлений обладают более или менее точной количественной определенностью и поэтому могут быть представлены в виде соответствующих уравнений. Уже в настоящее время благодаря развитию кибернетики успешно применяются количественные методы для исследования различных сторон общественной жизни, не говоря уже о явлениях природы.

Однако не все функциональные зависимости, существующие в материальном мире, характеризуют процесс развития или причинные связи в системах. Современной науке известно много таких функциональных отношений, которые вовсе не являются причинными (область 1 графика). Чтобы пояснить сказанное, рассмотрим конкретные примеры. Предположим, что мы имеем такую геометрическую фигуру, как круг, и изменяем его радиус. Соответственно будет меняться площадь круга, которая связана с радиусом соотношением $Q = \pi r^2$. Здесь площадь выступает как функция радиуса. Однако, исходя из данной формулы, можно считать, наоборот, радиус функцией площади: $r = \sqrt{\frac{Q}{\pi}}$. От такой перемены местами функции и аргумента ничего не изменится, так как отношение между ними взаимно обратимо.

Аналогичным образом можно менять местами функцию и аргумент в формуле для давления и объема газа в замкнутом сосуде: $pv = const.$, в законе пропорциональности массы и энергии: $E = MC^2$ и т. д. Все получаемые в этом случае описания будут физически эквивалентными.

Между тем реальные отношения причины и следствия всегда являются необратимыми, и их нельзя менять местами. Если, например, появление Солнца на небе явилось причиной потепления в данной местности, то никак нельзя сказать, что потепление явилось причиной появления Солнца. Отсюда следует, что все указанные функциональные зависимости не являются причинными. Они выражают связь между свойствами, которые всегда *сосуществуют* вместе и поэтому не находятся между собой в отношении причины и следствия. Чтобы функциональная зависимость являлась одновременно и причинной связью, отношение между функцией и аргументом должно быть необратимым. В таком случае функциональная зависимость должна характеризовать процесс развития системы, появление одних признаков в зависимости от наличия других.

Например, если бы удалось составить уравнение, отражающее цикл развития звезды и возникновение одних ее свойств в зависимости от появления других, то данная функциональная зависимость выражала бы одновременно и причинную связь в рамках рассматриваемой системы. К сожалению, подавляющее большинство формул, известных ныне в физике и астрономии, выражают не процесс развития, а лишь связь между сосуществующими свойствами тел или же отдельные цикличные изменения в них. Отношения между аргументом и функцией в данных зависимостях обратимы, из чего следует, что они не выражают причинную связь. Идея развития формулируется в современной физике и астрономии пока еще в основном лишь в общем качественном виде. Стоит задача воплотить данную идею в соответствующие математические уравнения.

Однако, несмотря на преимущества количественных

методов исследования, все же и они обнаруживают свою ограниченность. Далеко не все явления, которые возникают в процессе развития, могут быть выражены посредством уравнений. В материальном мире существует большая группа *причинных связей, которые объективно не являются функциональными* (область 3 графика) и поэтому не допускают их математического выражения. Чтобы возможно было адекватно изобразить какое-либо явление в виде определенной системы уравнений, необходимо, чтобы данное явление: 1) объективно обладало точной количественной определенностью, т. е. характеризовалось устойчивыми параметрами и значениями свойств; 2) выступало в качестве звена в цепи событий, связанных между собой однозначным, вполне определенным образом; 3) было массовым, стереотипным, повторяющимся и устойчивым.

При соблюдении этих основных условий явление может быть в принципе представлено в виде системы уравнений, независимо от сложности формы данных уравнений.

Но в мире существует множество явлений, которые не удовлетворяют одному из этих трех условий или же всем им вместе. Данные явления уже не могут быть адекватно изображены в виде системы уравнений. В качестве примера таких явлений можно назвать диалектические законы.

Кроме того, в мире существует много явлений, возникающих в результате разового стечения обстоятельств и обладающих строгой индивидуальностью и неповторимостью. Таковы, например, все явления, выражающие индивидуальный духовный облик каждого человека, особенности его взаимоотношений с другими людьми, необычайные события в его жизни и т. д. Они также не могут быть выражены посредством уравнений, ибо для составления уравнения необходимо, чтобы рассматриваемое явление было устойчивым, стереотипным и повторяющимся, чего в данном случае нет.

Это, конечно, не значит, что все эти явления непознаваемы. Они, несомненно, могут быть познаны на основе качественных методов описания, могут быть раскрыты их различные количественные характеристики, но вся эта сумма знаний, как бы она ни была полна, не будет эквивалентна какому-нибудь уравнению, ибо всякое уравнение предполагает, что описываемое явление может быть

воспроизведено сколько угодно раз, если соблюдаются заданные условия. В данном же случае мы сталкиваемся с индивидуальным и неповторимым событием, которое не поддается полному воспроизведению в силу необратимости процесса развития. Поэтому всякая функция, составленная для таких событий, будет не чем иным, как искусственной подгонкой некоторой специально подбираемой формулы под заранее известные результаты. Эта функция может удачно отражать связь между прошлыми событиями, но она может оказаться совершенно неприменимой к будущим событиям, которые произойдут независимо от прошлых [1].

Необходимо подчеркнуть, что рассматриваемые здесь события не тождественны тем, которые исследуются в теории вероятностей, и поэтому успехи данной теории в установлении функциональных зависимостей для случайных явлений не могут служить возражением против сказанного. Теория вероятностей исследует *массовые* случайные события, которые именно в силу их массовости, повторяемости и стереотипности подчиняются статистическим закономерностям. В данном же случае речь идет об индивидуальных и неповторимых событиях, к которым понятие вероятности неприменимо. Поэтому данные события нельзя описывать на основе статистических функциональных законов.

Итак, если подвести итоги сказанному, то наряду с формами причинной связи, рассмотренными выше, нужно

[1] Сказанное в отношении пределов функционального описания может иметь важное значение для определения возможных границ применимости кибернетики. Всякая кибернетическая машина основывается в своем действии на определенной программе, составленной человеком или другой машиной. Программирование предполагает формализацию рассматриваемых явлений, что возможно лишь в том случае, если данные явления включают в себя функциональные связи. Поэтому кибернетические устройства могут успешно применяться для исследования всех чисто математических проблем, всех форм функциональных зависимостей, в том числе и причинных (область 1 и 2 приведенного выше графика), но они не дадут сколько-нибудь удовлетворительного описания нефункциональных причинных связей, обладающих строгой индивидуальностью и неповторимостью (область 3). Данные явления и в будущем будут исследоваться главным образом качественными методами. В силу этого развитие кибернетики никогда не приведет к созданию устройства, которое было бы *во всех отношениях* совершеннее человеческого мозга в отражении действительности, поскольку человеческий мозг может всесторонне отражать и нефункциональные причинные связи.

иметь в виду еще две такие важные формы, как функциональные и нефункциональные связи. Они не тождественны необходимым и случайным связям, хотя и имеют с ними много общего. Множество однотипных случайных событий может подчиняться статистической закономерности и, следовательно, быть выражено функциональной зависимостью. С другой стороны, некоторые необходимые события могут быть строго индивидуальными и неповторимыми, не являясь тем самым функциональными.

Особенно много нефункциональных причинных связей в области общественных явлений. Это обусловлено тем, что с развитием увеличивается качественное многообразие явлений, в результате чего возможно возникновение множества *индивидуальных* качеств. Если в природе можно абстрагироваться от множества несущественных особенностей каждого из тел, принадлежащих к одной форме материи, и рассматривать все их как единое качество, то в отношении многих общественных явлений этого сделать уже нельзя. В обществе каждый человек обладает индивидуальными духовными и физическими особенностями и представляет собой особое качество. Равным образом неповторимы различные исторические события, взаимоотношения между различными группами общества в разные периоды и т. д. В результате этого в обществе более, чем в какой-нибудь другой области явлений, распространены нефункциональные причинные отношения. Благодаря этому законы развития проявляются здесь несколько в иной форме, чем в природе.

В природе каждый конкретный закон точно реализуется в форме функциональной зависимости в любой данный момент времени. Например, если два тела притягиваются друг к другу благодаря действию полей тяготения, то сила притяжения между ними в *каждый данный момент* будет прямо пропорциональна произведению их масс и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.

Совершенно иначе проявляются законы общественного развития. Здесь они не реализуются в каждый данный момент, а действуют лишь в виде *тенденции*, которая осуществляется на протяжении достаточно большого отрезка времени. Например, если взять закон обязательного соответствия производительных сил и производственных отношений, то, прослеживая его действие, можно

видеть, что он не реализуется в любой данный момент времени, а действует лишь в форме тенденции. Это значит, что в различные исторические периоды в разных странах может не быть соответствия между производительными силами и производственными отношениями, они могут находиться в состоянии конфликта или даже антагонизма. Но в конечном счете такое соответствие устанавливается благодаря изменению производственных отношений.

Точно так же закон пропорционального развития народного хозяйства в рамках социалистического общества не означает, что такое пропорциональное развитие имеется в каждый данный момент времени. Оно может нарушаться за счет различных непредвиденных факторов, но в *конечном счете* оно устанавливается. То же самое можно сказать и в отношении других общественных законов. В связи с этим необходимо различать законы как устойчивые функциональные зависимости и законы, проявляющиеся как тенденции. Первым законам присущи количественная определенность и устойчивые параметры, тогда как вторые такими особенностями не обладают, поскольку они заключают в себе большое количество нефункциональных причинных связей.

Существование этих двух форм законов далеко не всегда осознается, и это иногда является источником серьезных теоретических ошибок. Некоторые буржуазные социологи отрицают объективную реальность законов общественного развития на том основании, что они не видят в обществе тех же форм функциональных зависимостей, которые существуют в природе. В качестве законов они признают лишь те зависимости, которые известны в естественных науках. Подобное отрицание совершенно несостоятельно, поскольку оно ведет к субъективному идеализму и противоречит всему опыту истории. Но было бы неправильно утверждать, что законы общества действуют так же, как и законы природы. Общественные законы реализуются не в каждый данный момент времени, а проявляются лишь в виде тенденций. Их осуществление во многом зависит от действия субъективного фактора, отсутствующего в природе. Вместе с тем они характеризуют явления, в которых широко распространены нефункциональные причинные отношения, тогда как в области природы подобные отношения сравнительно редки.

Данные два вида законов тесно связаны с понятиями динамической и статистической закономерности, имеющими важное значение в современной науке. *Динамическая* закономерность представляет собой такую форму причинной связи, при которой каждое начальное состояние системы однозначно определяет всякое ее последующее состояние, так что, зная точно первое, можно вполне определенно предсказать второе. В отличие от этого *статистическая* закономерность выражает такую форму причинной связи, при которой каждое начальное состояние системы определяет все ее последующие состояния не однозначно, а лишь с некоторой вероятностью, причем эта вероятность является *объективной* мерой возможности осуществления данного будущего состояния.

Динамическая закономерность реализуется в каждый момент времени, тогда как статистическая может проявляться лишь как тенденция, осуществляющаяся на протяжении определенного отрезка времени. Таковы, например, многие закономерности, выражающие особенности развития биологических и общественных явлений. В то же время возможны статистические закономерности, которые могут реализоваться в каждый данный момент времени. Например, если одновременно пропускать через кристалл большое количество электронов, то на экране *сразу же* возникнет интерференционная картина, которая будет выступать в форме статистической закономерности, обусловленной наличием у микрочастиц волновых свойств. В рамках общественных явлений подобных статистических закономерностей, которые реализовались бы в каждый данный момент времени, не существует. Все статистические закономерности, проявляющиеся в обществе, осуществляются за более или менее значительный период времени.

Динамическая и статистическая закономерности тесно связаны между собой и могут одновременно быть в развитии различных явлений материального мира. Простейшие формы динамических законов, действующих в неорганической природе, описываются уравнениями классической механики и электродинамики. Зная начальное состояние системы, можно путем решения данных уравнений сравнительно точно предсказать ее будущее состояние. В небесной механике таким путем достигается успешное предсказание затмения Солнца, Луны,

противостояния планет, движения искусственных спутников Земли и т. п. Точность этих предсказаний обусловлена тем, что солнечные и планетные системы обладают сравнительно несложным строением. Движение тел в них определяется главным образом внутренними связями, тогда как влияние других объектов сказывается незначительно. Но в природе существуют и гораздо более сложные динамические закономерности, которые пока еще не получили своего математического выражения. Таковы, например, законы развития звезд и галактик. Поскольку каждая галактика и звезда представляют собой относительно автономную систему, то ее развитие определяется главным образом внутренним начальным состоянием и законы, действующие здесь, близки к динамическим.

В живой природе закономерностям динамического типа подчиняется эмбриональное развитие организма. Из зародышевой клетки всегда развивается организм со строго определенными биологическими признаками, подобными признакам его родителей.

Такой же универсальный характер имеют статистические закономерности, которые выражают причинные отношения в области массовых и повторяющихся явлений, каждое из которых может быть случайным и независимым от других. В массе случайностей, обладающих определенной регулярностью, всегда проявляется некоторая необходимость, которая и находит свое выражение в статистической закономерности. Например, в сосуде с газом каждая молекула обладает своей собственной и, казалось бы, случайной скоростью. Однако в целом скорости всех молекул подчиняются статистической закономерности, получившей название распределения Максвелла. Статистическими являются большинство биологических и общественных закономерностей, которые возникают всегда в результате взаимодействия большого количества сил и факторов.

Статистические законы с их вероятностными функциями выражают новые формы причинных связей по сравнению с теми, которые описываются динамическими законами классической механики. В динамических законах одно какое-нибудь следствие вызывается небольшим количеством причин, поддающихся сравнительно точному учету. Поэтому предсказание поведения систем

в будущем здесь может быть вполне достоверным. Необходимость в виде самой закономерности проявляется через такие же необходимые события.

В случае статистических закономерностей одно следствие может быть обусловлено неограниченным количеством причин, проследить которые практически невозможно. Необходимость проявляется здесь через столкновение огромного количества случайностей. Поэтому знание основных начальных условий позволяет дать не точное предсказание будущего поведения системы, а лишь некоторое вероятностное значение для этого поведения.

Является ли это вероятностное описание свидетельством ограниченности наших знаний или же оно отражает некоторые объективные законы самой природы? Другими словами, можно ли устранить вероятностные функции из сферы предсказания и свести все статистические закономерности к динамическим? Подобный вопрос уже давно возник в науке. В рамках классической физики на него давался положительный ответ. Здесь предполагалось, что развитие материи является однозначно детерминированным процессом. В каждом данном состоянии системы заложены в виде возможности все ее последующие состояния. Развитие есть однозначное развертывание заложенных в материи возможностей и в действии не содержится ничего существенно нового по сравнению с тем, что было в причине. Поэтому если бы удалось узнать причины всех явлений в настоящем, то можно было бы предсказать все возможные следствия на будущее, сколько угодно отдаленное. Конкретная физическая формулировка этих взглядов была дана Лапласом в его труде «Опыт философии теории вероятностей». Лаплас писал: «Ум, которому были бы известны для какого-либо данного момента все силы, одушевляющие природу, и относительное положение всех ее составных частей, если бы вдобавок он оказался достаточно обширным, чтобы подчинить эти данные анализу, обнял бы в единой формуле движение величайших тел вселенной наравне с движением легчайших атомов: не осталось бы ничего, что было бы для него недостоверно, и будущее, так же как и прошедшее, предстало бы перед его взором» [1].

---

[1] *Лаплас,* Опыт философии теории вероятностей, М., 1908, стр. 9.

В соответствии с этим вероятность рассматривалась в классической физике как мера нашего незнания всех причин явлений, подобно тому как случайность считалась непознанной необходимостью. Полагали, что если бы удалось узнать все причины явлений, то можно было бы полностью устранить случайность, а вместе с ней и вероятность из сферы предсказаний. Всякая статистическая закономерность определялась как результат действия непознанных динамических законов, относящихся к микроструктуре явлений.

Необходимо отметить, что первоначальная формулировка принципа детерминизма, данная французскими материалистами XVIII в., была значительно шире той, которая была дана Лапласом и сложилась впоследствии в рамках классической механики. Французские материалисты считали необходимым для предвидения будущего знание всех причин, относящихся к настоящему, подразумевая при этом, что данные причины могут быть сколько угодно сложными.

Лаплас же и его последователи свели условия предсказания будущего лишь к предварительному знанию одних только координат и импульсов составляющих тела частиц. Подобное ограничение условий было тесно связано с метафизическими воззрениями на строение материи, существовавшими в физике XVIII—XIX вв. Здесь материя рассматривалась как совокупность неделимых атомов, которые отождествлялись с материальными точками. Для материальных же точек основными характеристиками остаются лишь координаты и импульсы. В соответствии с этим и принималось, что если бы удалось узнать координаты и импульсы всех составляющих материю последних микрочастиц, а затем составить для них соответствующие уравнения и обобщить решения этих уравнений, то можно было бы определить состояние мира на любой прошлый и будущий отрезок времени.

Квантовая механика опровергла эту упрощенную формулировку принципа детерминизма, но она не опровергает тот детерминизм, который был сформулирован ранее в материалистической философии. Действительно, исходя из принципа неопределенности, признания единства корпускулярных и волновых свойств микрочастиц, а также квантового характера закономерностей их взаимодействия, нельзя возражать против того, что знание

всех причин — не обязательно только координат и импульсов, а именно всех причин — поведения частиц в любых изменяющихся условиях является необходимым и достаточным для определения всех вытекающих из них следствий. Не случайно поэтому за последние годы возобновились различные попытки построить детерминистскую теорию квантовой механики на основе предположения о «скрытых параметрах», неизвестных наблюдателю, но однозначно определяющих поведение микрочастиц.

По-видимому, нельзя опровергнуть на основе одной только квантовой механики то положение детерминизма, что развитие материи является однозначным развертыванием заранее существующих возможностей и всякое прошлое состояние мира необходимо определяет все его будущие состояния.

Из этого нельзя, однако, делать вывод, что концепция механического детерминизма вообще неопровержима. В своем логическом развитии она приводит к непреодолимым противоречиям, говорящим о ложности исходных посылок. Необходимость осуществления любых, даже самых незначительных, событий оказывается, согласно этой концепции, заложенной в сколько угодно отдаленном прошлом. Все события, как бы невероятны и незначительны они ни были, выступают как нечто неотвратимое. Поскольку же материя, составляющая тела, имела предшествующее бесконечное существование, то необходимость осуществления данных событий должна быть заложена уже в бесконечном прошлом. С необходимостью такого рода, отмечал Ф. Энгельс, мы еще не выходим за пределы религиозного взгляда на мир, хотя с формальной стороны здесь не говорится о каких-либо сверхъестественных силах.

Кроме того, если последовательно придерживаться рассмотренной точки зрения, то мы должны будем отрицать какое-либо развитие природы. Если в прошлом заложены в виде возможности все последующие состояния, то тогда в действии не должно быть ничего принципиально нового по сравнению с тем, что заключалось в причине. Следовательно, ни о каком развитии материи и возникновении новых ее форм и состояний не может быть и речи. Все возможное уже существует в потенции в каждом данном состоянии материи, и весь процесс изменения представляет собой не более, как развертывание или количественный рост извечно существующих качеств. Метафизичность и фатализм данной концепции говорят о том, что в ее логических основаниях имеются ошибочные допущения. Для того чтобы выявить данные ошибки и тем самым опровергнуть эту теорию, мы должны рассмотреть еще одну группу вопросов.

§ 3. Соотношение динамических и статистических законов, возможности и действительности

Механический детерминизм основывался на абсолютизации динамических законов и сведении к ним всех форм причинной связи. Но правомерно ли такое сведение?

Динамические законы выражают такую форму причинной связи, при которой прошлые состояния системы однозначно определяют все ее будущие состояния. Подобное соотношение между прошлым и будущим возможно лишь в автономных системах, свойства которых определяются главным образом их внутренними связями. Но материя неисчерпаема в своей структуре, и каждая система заключает в себе системы или объекты меньших размеров, которых может быть сколько угодно много. А там, где имеется множество объектов, вступают в силу статистические законы. Следовательно, динамический закон развития системы будет обусловлен статистическими процессами в области микроструктуры данной системы. Так, например, если взять закон тяготения или закон взаимодействия электрических зарядов, то они могут быть выражены в виде динамических функциональных зависимостей. Но в своем основании эти законы обусловлены множеством микропроцессов, подчиняющихся статистическим закономерностям. Отсюда следует, что закон, динамический для системы M, будет статистическим для системы $M - K$, входящей в первую в качестве одного из многих ее элементов. В основе всякого динамического закона лежат вероятностные процессы, относящиеся к микроструктуре явления.

Сказанное позволяет понять сущность тех ошибок, которые были допущены в концепции механического детерминизма. Абсолютизация динамических законов здесь была связана с метафизическими воззрениями на

строение материи. Поскольку принималось, что все тела состоят из первичных и бесструктурных атомов, то отсюда, естественно, делался вывод о том, что законы движения атомов являются последними динамическими законами, лежащими в основе всех явлений природы. При этом считалось, что атомные законы совпадают с основными принципами классической механики, имеющими универсальное значение.

С точки зрения современных представлений о материи подобные взгляды уже никак не могут быть признаны верными. Во-первых, механические законы действуют только в ограниченной области макроскопических явлений и не распространяются на микроявления, где господствуют качественно иные законы. Во-вторых, если бы даже удалось разложить сложный предмет на составляющие его атомы, то все равно его свойства и законы развития нельзя было бы целиком вывести из свойств отдельных атомов, ибо при объединении микрочастиц в более сложные системы возникают качественно новые формы материи, обладающие такими свойствами, которые ранее не были присущи отдельным частицам. И, наконец, в-третьих, законы атомного мира вовсе не являются строго динамическими. Каждый атом представляет собой весьма сложное образование, заключающее в себе неисчерпаемое множество элементов материи. В силу многочисленности данных элементов их взаимодействие между собой подчиняется статистическим законам, которые и определяют свойства и законы поведения атома. То же самое можно сказать по отношению к законам и свойствам элементарных частиц.

Вообще по мере углубления в структуру материи мы будем сталкиваться с бесконечным множеством все более неопределенных, вероятностных процессов. Этому будет соответствовать непрерывно увеличивающееся многообразие возможностей в поведении микрообъектов, причем из всего множества возможностей в действительность в каждом акте взаимодействия превратятся лишь немногие. Совершенно устранить данные статистические законы принципиально невозможно, поскольку материя неисчерпаема и бесконечна вглубь. Благодаря этому программа механического детерминизма является принципиально неосуществимой. По мере углубления в структуру материи должно происходить постоянное расширение сферы вероятностных процессов. И, наоборот, с усложнением систем сфера вероятностных процессов начнет суживаться, чему будет соответствовать все более упорядоченное и однородное движение. Это положение вполне согласуется с рассмотренной выше закономерностью, согласно которой всякое изменение, или обратимый процесс, в данной системе является моментом развития, или необратимого изменения, в системе более высокого порядка. Развитие, или необратимое изменение, предполагает более однородное и упорядоченное движение в системе по сравнению с относительно беспорядочным движением ее составных элементов.

Итак, мы видим, что нельзя динамические законы считать первичными, поскольку они обусловлены множеством вероятностных процессов в области микроструктуры явлений. Но нельзя считать единственно существующими и статистические законы, так как все автономные системы развиваются по законам динамического типа. Каждая из этих закономерностей имеет свою сферу действия в области соответствующих материальных систем.

Другая ошибка механического детерминизма заключалась в неправильном решении проблемы возможности и действительности в развитии. Согласно детерминизму, все существующее в мире уже заключалось в виде возможности в предшествующих, сколько угодно отдаленных состояниях. На первый взгляд кажется, что будто так оно и должно быть. Мы обычно понимаем все существующее как возможность, превратившуюся в действительность. И так как ничто не возникает беспричинно, то логично предположить, что любое явление существовало в виде возможности раньше, в предшествующих состояниях материи. Однако если последовательно развивать данную точку зрения, то мы должны будем признать, что возможность возникновения любого явления должна была существовать уже в сколько угодно далеком прошлом и весь процесс развития представляет собой не что иное, как развертывание извечно существующих возможностей. Ничего принципиально нового в мире не возникает. Таким образом, мы приходим к фатализму, к теории извечной предопределенности всего существующего.

Где же выход из данного противоречия? Он, очевидно, должен заключаться в рациональном решении проблемы возможности и действительности. Весь вопрос как

раз состоит в том, существовала ли возможность возникновения каких-нибудь явлений в сколько угодно отдаленном прошлом или же сами возможности могут возникать в процессе развития, подобно возникновению явлений? Для того чтобы разобраться в этом, мы должны подробно рассмотреть соотношение возможности и действительности.

Возможность представляет собой реально существующую, скрытую в предметах и явлениях тенденцию, которая характеризует различные направления в развитии системы. *Действительность* — это все то, что объективно имеется в наличии как уже осуществившаяся возможность. Действительность нельзя определять как все то, что существует, ибо существует и возможность, и при таком определении теряет смысл различие возможности и действительности. Действительность характеризует все ставшее или находящееся в процессе становления, тогда как возможность выражает лишь тенденции, которые еще должны реализоваться, если только возникнут необходимые для этого условия. Часто утверждают, что все существующее есть возможность, превратившаяся в действительность. Подобное утверждение неточно, потому что *реально* существуют и такие возможности, которые еще не превратились в действительность, а их в каждой материальной системе может быть сколько угодно много.

Понятие возможности тесно связано с понятием вероятности. *Объективная вероятность* представляет собой количественную меру возможности осуществления какого-либо события. Если вероятность близка к 1, то она выражает необходимость, если близка к 0, то — случайность.

Возможным является не все то, что может возникнуть в голове человека на основе логичных или нелогичных рассуждений, а лишь только то, что соответствует объективным законам природы, или, точнее, внутренним законам данной материальной системы. В этом соответствии как раз заключается критерий отличия возможного от невозможного.

Возможности могут быть реальными и формальными. Реальные возможности — это те, которые соответствуют объективным законам природы и имеют условия для своего осуществления. В отличие от этого формальные возможности — это те, которые хотя и не противоречат за-

конам природы, но не могут в данное время осуществиться ввиду отсутствия необходимых условий. Различие между формальной и реальной возможностью относительно. Формальная возможность может превратиться в реальную, если возникнут соответствующие условия, так же как реальная возможность может стать формальной, если необходимые условия исчезнут.

Для перехода возможности в действительность в природе необходимы два фактора: во-первых, действие объективных законов и, во-вторых, создание благоприятных условий. Зачастую реализация возможностей зависит почти исключительно от наличия условий, поскольку соответствующий закон существовал в виде *тенденции* уже задолго до этого. Например, элементарным частицам и атомам всегда присуща тенденция к объединению в более сложные системы и к образованию высокоорганизованных форм материи. Эта тенденция необходимо вытекает из законов электромагнитного, гравитационного и ядерного взаимодействия микрочастиц. Однако реализация ее зависит исключительно от наличия соответствующих условий. В диффузных туманностях она может реализоваться в очень незначительной степени, на звездах условия для ее осуществления становятся более благоприятными, и здесь возникают различные химические элементы, а на некоторых планетах она может всесторонне воплотиться в действительность, чему соответствует возникновение высокоорганизованных форм жизни.

В обществе переход возможности в действительность существенно отличается от такового в природе. Здесь дополнительно к указанным двум факторам — законам и меняющимся условиям — добавляется еще третий — субъективный. Субъективный фактор представляет собой совокупность идей, чувств и настроений, которые существуют в сознании людей и побуждают их к определенному действию. Наличие субъективного фактора чрезвычайно важно. Зачастую имеются вполне благоприятные условия для осуществления какой-либо цели и сама эта цель не противоречит объективным тенденциям общественного развития, но отсутствие у людей решимости, воли, организованности и уверенности в победе не дает им возможности осуществить данную цель.

Понятие возможности в развитии различных систем выражает ту тенденцию, которая могла бы реализоваться *при отсутствии противодействия* и наличии всех благоприятных условий. Однако в реальном мире всегда существуют противодействующие факторы, поскольку борьба противоположностей является внутренним содержанием и источником всякого развития. Поэтому из возможностей, существующих в каждом состоянии системы, в действительность превращаются *лишь очень немногие,* тогда как остальные исчезают или же превращаются из реальных возможностей в формальные. Происходит своеобразный отбор возможностей, и реализуются лишь те из них, которые наиболее соответствуют имеющимся внешним условиям. Так, например, каждый живой организм способен воспроизвести очень большое потомство, однако из всего множества половых клеток лишь очень немногие развиваются в самостоятельные организмы, тогда как остальные погибают. Диатомовые водоросли, составляющие планктон, за короткое время могли бы заполнить все моря и океаны, если бы существовали условия для их беспрепятственного размножения. Одна диатомея, разделяясь на части, могла бы за восемь дней дать массу вещества, равную объему Земли, а в течение следующего часа удвоить эту массу [1]. Одна единственная бактерия могла бы в благоприятной ее росту питательной среде за один день дать 10^{25} особей, а в течение четырех с половиной суток — 10^{36} особей, что по массе в несколько тысяч раз больше массы всех организмов в биосфере. Однако из всего этого колоссального множества возможностей в действительность переходит лишь множество неизмеримо меньшего порядка, тогда как остальные не реализуются и исчезают совсем.

Отбор возможностей имеется во всяком процессе развития. При образовании любой сложной системы существует колоссальное число возможных комбинаций ее составных элементов, однако из всего этого множества в действительность превращаются только немногие. Так, например, в ядре урана имеется 238! (238 факториал = $1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \ldots 237 \cdot 238$) возможных различных комбинаций протонов и нейтронов, но в действительности могут существовать несколько таких комбинаций, соответственно числу изотопов урана. То же самое можно сказать и в отношении любого другого элемента. Из колоссального числа возможных химических соединений в земной коре встречается лишь около 2 тыс. соединений. Для молекулы белка с молекулярным весом в 100 тыс. возможно 10^{1270} изомеров, т. е. различных расположений атомов в молекуле, однако из всего этого колоссального множества возможностей устойчивыми являются лишь сравнительно немногие изомеры.

[1] *В. И. Вернадский,* Очерки геохимии, М.—Л., 1934, стр. 177.

Следует заметить, что даже само существование каких-либо сложных тел является результатом отбора или ограничения возможностей. Каждая микрочастица, составляющая тело, могла бы обладать в свободном состоянии множеством степеней свободы, которым соответствовали бы самые различные движения. Но в теле число степеней свободы частицы резко ограничивается, так как она может двигаться только строго определенным образом, в соответствии с внутренним законом организации данной системы.

Нереализовавшиеся возможности могут бесследно исчезать с исчезновением системы, которой они были присущи. Зато с появлением новых систем будут возникать возможности, которые не существовали раньше. Например, любое животное способно дать в течение жизни многочисленное потомство, но эти возможности исчезнут с его смертью и никогда уже не возникнут снова. Зато появление новых животных будет связано с возникновением принципиально новых возможностей, не существовавших ранее.

Более того, во всех материальных системах ограничение и отбор одних возможностей компенсируется появлением принципиально новых возможностей, присущих вновь возникшим качественным состояниям материи. Сложная система всегда обладает такими свойствами и законами развития, которых не было у ее составных компонентов или у тех форм материи, из которых она исторически возникла.

Здесь мы подходим к таким выводам, которые прямо противоположны концепции механического детерминизма и позволяют ее опровергнуть. Если бы развитие природы представляло собой однозначно детерминированный процесс, в котором происходило бы *только* осуществление заложенных ранее возможностей, и новые

возможности не могли бы возникать, то с течением времени множество этих возможностей должно было бы непрерывно сокращаться в результате отбора, пока, наконец, все возможности не исчезли бы и не прекратилось бы всякое развитие.

Действительно, предположим, что в определенный момент времени в мире существовало M возможностей, причем это множество M было бесконечным. Поскольку в развитии происходит отбор возможностей, то с течением времени из данного множества M в действительность перешло бы множество меньшего порядка, которое мы обозначим как множество $M^{\frac{1}{n}}$ (где n — некоторое произвольное целое число, во много раз большее единицы). Вновь возникшее состояние характеризовалось бы $M^{\frac{1}{n}}$ возможностей, из которых в действительность перешло бы с течением времени лишь $\left(M^{\frac{1}{n}}\right)^{\frac{1}{n}}$ возможностей, тогда как остальные исчезли бы. В этом третьем состоянии было бы еще меньше возможностей, и из них в действительность перешло бы множество $\left\{\left(M^{\frac{1}{n}}\right)^{\frac{1}{n}}\right\}^{\frac{1}{n}}$ и т. д. При таком стремительном сокращении множества возможностей за бесконечное время должно было бы произойти вырождение всех этих возможностей, если бы даже первоначальное бесконечное множество имело мощность континуума.

Первоначальное бесконечное множество стянулось бы за бесконечное время к множеству, содержащему только один элемент:

$$\left\{\left(\left(M^{\frac{1}{n}}\right)^{\frac{1}{n}}\right)^{\frac{1}{n}}\right\}^{\frac{1}{n}\cdots} \xrightarrow[\text{при } t\to\infty]{} 1$$

Но одна возможность может характеризовать какое-нибудь совершенно ничтожное явление, например одну степень свободы в движении электрона, и, как только электрон продвинется в этом направлении, данная возможность уже будет реализованной. Тогда не останется уже ни одной возможности и все множество стянется к нулю. Но это равносильно прекращению всякого изменения и развития материи.

Однако реальный мир не обнаруживает никакой тенденции к переходу в такое состояние. Напротив, всюду мы видим неограниченные возможности для развития. В таком случае, для того чтобы спасти концепцию детерминированности в развитии, не остается ничего другого, как только допустить, что время существования мира конечно. Тогда даже при отборе возможностей в развитии общее количество их в настоящее время может быть сколько угодно велико. Но такое допущение ведет к откровенно религиозным выводам. Мы должны будем признать сотворение мира в прошлом и неизбежность конца его в будущем, после исчерпания всех возможностей.

Если придерживаться последовательно материалистических взглядов на мир и исходить из принципа бесконечности существования мира во времени, то мы неизбежно должны будем признать ложность концепции механического детерминизма. Мы должны будем допустить, что в развитии происходит не только реализация существовавших в прошлом возможностей, но и создание принципиально новых возможностей, не заложенных в прежних состояниях материи. Такое создание не является нарушением принципа причинности или законов сохранения материи и ее свойств. Новые возможности возникают не беспричинно, а как тенденции новых состояний материи, отсутствовавшие раньше. Подобная закономерность обусловлена тем, что в причинной связи явлений в развитии имеет место *близкодействие*, а не дальнодействие. Это значит, что каждая данная совокупность причин определяет только непосредственно вытекающие из нее следствия, но не те, которые могут возникнуть в отдаленном будущем. Последние будут определяться непосредственно предшествующими им причинами, которые в свою очередь должны еще возникнуть в развитии материи.

Так, например, когда существовало газо-пылевое облако, послужившее материальной основой для образования Солнца и планет, то в нем еще не была заложена возможность растительных и животных видов в известных нам формах, а тем более возможность тех событий, которые имели место в развитии человеческого общества. Сколько бы ни существовало облако в *прежнем его виде*, данные явления никак не могли бы появиться.

В нем была лишь возможность образования Солнца и планет. Когда Солнце и планеты возникли, на Земле и некоторых других планетах появилась возможность существования живого вещества в результате развития неорганической материи. На Солнце такая возможность не могла возникнуть. С появлением живого вещества возникло множество других возможностей в развитии материи, пока наконец в результате последовательного осуществления таких возможностей и создания принципиально новых возможностей не появились высшие животные, а затем человеческое общество. Поэтому если бы даже лапласовский «ум» мог познать взаимное положение всех частиц указанной туманности и сил, действующих между ними, а затем представить эту причинную связь в форме единой функциональной зависимости, то он мог бы определить лишь ближайшие последующие состояния системы, непосредственно вытекающие из данного состояния, но не смог бы предсказать ни специфичный характер различных видов растений и животных на Земле, ни тем более исторические события в жизни общества, ибо возможности осуществления этих явлений не были заложены в том состоянии материи, они возникли намного позже при соответствующих условиях, в результате взаимодействия непосредственно предшествовавших им причин. Исходный тезис механического детерминизма о том, что в действии нет ничего существенно нового по сравнению с тем, что заключалось в причине, является принципиально неверным, поскольку *действие всегда заключает в себе нечто новое по сравнению с причиной.* Это значит, что в ходе развития всегда появляются новые причинные связи и возможности, не существовавшие раньше.

Если в неорганической природе существуют только физические связи, предполагающие силовое или контактное взаимодействие, то в живой природе и в обществе появляются совершенно новые типы связей, с неизмеримо большим качественным многообразием по сравнению с физическими и гораздо большим множеством возможностей. В замкнутой физической системе с течением времени происходит вырождение множества возможностей по формуле: $M \to M^{\frac{1}{n}} \to \left(M^{\frac{1}{n}}\right)^{\frac{1}{n}} \ldots$, вследствие чего система переходит в состояние статистического равновесия с максимальным значением энтропии. В открытых или незамкнутых системах наряду с вырождением старых возможностей происходит компенсационное возникновение новых. Если в системе не появляются качественно новые, высшие формы движения, то множество возможностей в ней будет оставаться с течением времени примерно одинаковым. Но если в системе возникают высшие формы движения, вплоть до биологических и общественных, то множество возможностей в ней будет расширяться с течением времени: $M \to M^n \to M^{n^n}$ и т. д.

При этом данное расширение будет происходить не только в количественном, но и в качественном отношении, в связи с появлением *новых законов развития, не существовавших ранее. В расширении сферы возможностей как раз заключается сущность всякого развития по восходящей линии.* Конкретно данную закономерность можно проиллюстрировать многочисленными примерами. Так, если рассматривать развитие живой материи, то по мере перехода от простейших ко все более высокоорганизованным видам можно наблюдать непрерывное возрастание возможностей в различных направлениях развития организмов, в их функциях, характере взаимодействия со средой и т. п. Простейшие организмы — амебы, инфузории и др.— обладают ограниченным количеством возможностей в своем развитии. Весь биологический цикл существования каждой такой особи ограничен сравнительно простыми формами связей с окружающей средой. В отличие от этого высшие животные, и прежде всего млекопитающие, обладают чрезвычайно многообразными дифференцированными связями с окружающей средой. Им свойственны очень большие возможности в отношении прогрессивных направлений развития.

Точно так же в человеческом обществе по мере развития науки и производительных сил необычайно возрастают возможности в покорении природы человеком, в удовлетворении все увеличивающихся материальных и духовных потребностей людей, в сознательном регулировании различных сторон общественных отношений.

Наряду с появлением новых возможностей происходит отмирание старых, существовавших ранее. Как отмечал Ф. Энгельс, «каждый прогресс в органическом развитии является вместе с тем и регрессом, ибо он

закрепляет *одностороннее* развитие и исключает возможность развития во многих других направлениях»[1].

В некоторых случаях процесс вырождения возможностей может идти столь интенсивно, что происходит вымирание вида. Сужение возможностей развития имеет место также при внутрисемейных скрещиваниях у высших животных. Если подобные скрещивания происходят длительное время, то в конечном счете произойдет биологическое вырождение особей. Аналогичным образом у людей последовательные кровные браки в пределах одного рода ведут к постепенной психической и биологической дегенерации индивидуумов. В свете рассмотренной выше закономерности подобные явления получают свое естественное объяснение. Семейство такого рода в *генетическом* отношении представляет собой замкнутую систему, и поэтому в нем должно происходить с течением времени сужение сферы возможностей. Если в первом поколении в половых клетках особей заключалось M возможностей, то во втором их будет примерно $M^{\frac{1}{n}}$, в третьем — $\left(M^{\frac{1}{n}}\right)^{\frac{1}{n}}$ и т. д. Это сокращение сферы возможностей будет идти гораздо более быстрыми темпами, нежели приобретение организмом новых возможностей в результате взаимодействия с новыми условиями существования. В силу этого будет происходить биологическая, а у людей также и психическая, дегенерация индивидуумов[2].

Чтобы исключить подобное вырождение, семейство должно быть генетически незамкнутой, открытой системой, т. е. должны иметь место межродовые браки. В животноводстве благоприятные результаты иногда получаются путем скрещивания представителей разных пород. В таких случаях сужение старых возможностей компенсируется появлением новых, и если этот процесс сопровождается естественным отбором, то биологическое развитие имеет в целом прогрессивный характер. У домашних животных необходимые для человека качества

---

[1] *Ф. Энгельс*, Диалектика природы, стр. 249.

[2] Некоторые математические аспекты подобных процессов вырождения см. в книге М. С. Бартлетта «Введение в теорию случайных процессов», Изд-во иностранной литературы, М., 1958, стр. 58—64.

создаются путем искусственного отбор[illegible]ется человеческого общества, то здесь [illegible]ного отбора не действует, так как все инди[illegible]виваются и почти все из них имеют юриди[illegible] давать потомство. Общество подчиняется [illegible] иным закономерностям развития. Поэтому и [illegible] прогресс в биологическом отношении за послед[illegible]летия не проявляется в столь отчетливой форме, [illegible] колоссальный прогресс достигается в культуре и производстве, в познании и покорении природы. Здесь по мере продвижения от одной экономической формации к другой непрерывно возрастает объем материальных и культурных достижений, убыстряются темпы прогрессивных преобразований.

§ 4. Проблема вероятности в развитии

Всякое развитие по восходящей линии представляет собой процесс количественного и качественного расширения сферы возможностей. Вместе с этим увеличивается и множество тех возможностей, которые не успевают реализоваться. Взаимоотношение между этими двумя видами возможностей находит свое отражение в понятии вероятности. *Объективная вероятность* представляет собой количественную меру осуществимости возможных событий, выражающую отношение числа реализованных возможностей к их общему количеству, существовавшему в предшествовавших состояниях. Эту объективную вероятность нельзя отождествлять с тем числовым значением вероятности, которое получается в теории при прогнозах каких-нибудь явлений. В последнем случае неопределенность предсказаний зачастую бывает следствием незнания всех причин, определяющих явление. Познание всех этих причин в пределе приближает к раскрытию объективного значения вероятности, и тогда теоретически вычисленная величина может совпасть с реально существующей вероятностью. Но это, как правило, не удается полностью осуществить, поскольку любое явление определяется бесчисленным множеством причин, полный учет которых практически невозможен. Поэтому вероятность теории всегда в большей или меньшей степени отличается от объективной вероятности.

В некоторых работах вероятность определяется как чисто субъективная категория, выражающая степень нашего незнания всех причин предсказываемого явления. Считается, что если бы удалось узнать все причины, то вероятностные функции можно было бы совсем исключить, сделав предсказание совершенно достоверным. Подобное определение верно *лишь отчасти*, по отношению к теоретически вычисляемой вероятности, неопределенность значения которой действительно может быть обусловлена незнанием основных причин явления. Но оно совершенно неверно по отношению к объективной вероятности, которая существует независимо от нашего сознания и выражает взаимоотношение между возможностью и действительностью в развитии. Познав все причины явления, мы можем повысить теоретическое значение вероятности до объективного, но последнее является принципиально неустранимым, ибо оно обусловлено самими законами природы и общества. Таким образом, теоретически вычисленная вероятность представляет собой количественную меру реализации возможных событий и одновременно меру нашего незнания всех их причин. Объективная вероятность является только мерой реализации возможностей, независимой от нашего сознания.

В силу объективности вероятности точное предсказание далекого будущего возможно для сравнительно простых автономных систем, подчиняющихся в своем развитии динамическим закономерностям. Но оно неосуществимо для сложных систем, которые зависят от постоянно меняющихся внешних условий и подчиняются в своем развитии статистическим закономерностям.

Чтобы проиллюстрировать сказанное, предположим, что дана задача точно определить продолжительность жизни какого-нибудь человека средних лет. Узнав исчерпывающим образом состояние его здоровья, характер действия на него всей окружающей среды и т. п., можно было бы после длительных вычислений с использованием самой совершенной техники получить некоторую цифру продолжительности жизни. Но эта цифра в любом случае не могла бы иметь совершенно достоверного значения. Она представляла бы лишь некоторую вероятность, полученную на основе средних статистических данных, ибо реальная жизнь данного человека может сложиться совершенно иначе, поскольку со временем могут возникнуть принципиально новые определяющие факторы, которые даже в возможности не были заложены в настоящем его состоянии и поэтому никак не могли быть предвидены. Данный пример касается весьма сложной цепи причинных связей, но аналогичная ситуация имеет место во всяком другом явлении, зависящем в своем развитии от меняющихся внешних условий. Всякое предвидение может быть точным лишь в отношении тех явлений, которые *непосредственно вытекают* из существующих, при том, конечно, условии, что эти настоящие явления известны достаточно хорошо. Но оно не может быть вполне достоверным в отношении отдаленных будущих конкретных событий, возникновение которых зависит в значительной мере от принципиально новых причинных связей, не заложенных в настоящем. Предвидение на далекое будущее возможно лишь в отношении самых общих сторон и тенденций развития, являющихся следствием длительно действующих законов.

Наличие вероятностных функций в теории не является каким-то дефектом, свидетельствующим об ограниченности нашего знания. Оно выступает как естественное следствие объективных законов, характеризующих взаимоотношение между возможностью и действительностью в развитии. В некоторых случаях принципиально не может быть никаких иных предсказаний, кроме вероятностных.

В этой связи представляет интерес рассмотреть то положение, которое сложилось в квантовой механике. В данной теории вероятностное описание поведения микрочастиц вытекает из самого ее математического аппарата. Решение основного уравнения квантовой механики — уравнения Шредингера — дает не точные значения параметров частиц, а лишь определенные вероятности для них. Подобные результаты обусловлены тем, что в математическом аппарате теории отражаются наличие у микрочастиц не только корпускулярных, но и волновых свойств, их неразрывная связь с различными полями и т. п. Одно из основных положений квантовой механики — принцип неопределенности — утверждает, что микрочастицам не могут быть присущи одновременно совершенно точные значения координат и импульсов, поскольку они обладают волновыми свойствами. Произведение неточностей в значении координат на неточности и

значении импульса примерно равно постоянной Планка: $\Delta x \cdot \Delta p \sim h$. Поэтому программа механического детерминизма, который провозглашал возможность достоверного предсказания далекого будущего в поведении микрочастиц на основе точного знания их координат и импульсов в настоящем, является принципиально неосуществимой.

Детерминированное изменение системы представляет собой лишь простейшую форму причинной связи, имеющуюся в несложных автономных системах и выражающуюся в динамических законах. Но существует еще и гораздо более сложная форма причинности, находящая свое выражение в статистических законах и вероятностных функциях. Она имеет место во всех системах, которые состоят из большого количества элементов и зависят в своем поведении от постоянно меняющихся внешних условий. Обе данные формы причинности не противостоят друг другу, а неразрывно связаны между собой. Строго говоря, они действуют в каждой материальной системе, но в одних системах в большей степени проявляется динамическая, или однозначно детерминированная, причинная связь, в других — вероятностная. В микроявлениях обе данные формы проявляются совместно. Молекулы, атомы и атомные ядра представляют собой относительно автономные системы, свойства которых обусловлены главным образом внутренними связями. Поэтому они подчиняются динамическим законам, которые действуют в некоторых случаях как определяющие. Конкретно это выражается в том, что, несмотря на всевозможные взаимодействия микрочастиц в самых различных условиях их существования, их важнейшие физические свойства остаются все же стабильными, если только энергия внешних воздействий не превышает некоторую критическую величину. Данные свойства определяются главным образом внутренними связями частиц, их структурой, и поэтому учет основных внутренних связей в общем позволяет дать относительно точное, детерминированное описание состояния микрообъектов.

Однако действующие здесь динамические законы не являются первичными. Они представляют собой внешнее выражение других, более глубоких процессов. Поскольку материя неисчерпаема, то всякий микрообъект состоит из бесчисленного множества элементов материи, а

там, где имеются множества с большим числом элементов, вступают в силу статистические законы. Последние и будут находиться в основе динамических законов, определяющих стабильность свойств микрочастиц. Эти внутренние статистические законы постоянно проявляются вовне, обусловливая вероятностное поведение микрообъектов в их взаимодействии с другими частицами. В результате квантовая механика даже при учете основных характеристик микрочастиц не может дать однозначного описания их будущего поведения, а всегда дает лишь вероятностные предсказания. Выводимая из уравнения Шредингера волновая функция как раз характеризует меру вероятности обнаружения микрочастицы в определенном объеме пространства.

Типичным примером вероятностных процессов может служить явление дифракции. Даже при знании основных начальных параметров электрона нельзя совершенно достоверно предсказать место его попадания на дифракционный экран. В любом случае решение уравнений будет давать вероятностные функции для движения электрона. Причина этого заключается в том, что реальное поведение электрона при его движении через кристалл определяется бесчисленным множеством его внутренних и внешних связей и, кроме того, в процессе движения создаются принципиально новые возможности в его взаимодействиях с окружающей средой, которых не существовало раньше и которые поэтому нельзя было предвидеть. Таким образом, неисчерпаемость материи вглубь и возникновение в развитии принципиально новых возможностей необходимо будут обусловливать наличие вероятностных оценок в любой теории предсказания, как бы точно данная теория ни учитывала начальные условия.

Следует заметить, что данная ситуация далеко не всегда ясно понимается. Некоторые авторы считают[1], что вероятностные функции в квантовой механике являются следствием несовершенства данной теории, а также нашего незнания всех причин поведения микрочастиц. В действительности, полагают они, движение частиц

[1] Более подробно об этом см. в «Вопросах причинности в квантовой механике». Сборник переводов, Изд-во иностранной литературы, М., 1955. Статьи Ж. Вижье и Д. Бома.

строго детерминировано, все их свойства имеют вполне определенное значение, но они выступают как скрытые параметры. Познание этих параметров позволило бы дать вполне однозначное предсказание поведения частиц, исключающее вероятностные функции. В соответствии с этим соотношение неопределенностей понимается ими не как объективный закон природы, а как некоторое преходящее ограничение на пути научного познания. Идеал развития квантовой теории эти авторы видят в том однозначном описании возможно будущих событий, которое выдвигалось в качестве программы классической механикой.

Несомненно, что картина микроявлений, даваемая современной квантовой теорией, является несовершенной и было бы догматизмом ее абсолютизировать. В поведении микрочастиц имеется много скрытых параметров, которые еще неизвестны современной теории и познание которых пролило бы новый свет на микропроцессы.

Вычисляемые в теории вероятностные функции, по-видимому, существенно отличны от тех объективных вероятностных законов, которые управляют поведением микрообъектов. Однако было бы неправильно считать, что квантовая теория когда-нибудь возвратится к механическому детерминизму, ибо его исходный принцип о первичности динамических законов и о том, что в развитии происходит только реализация заложенных в прошлом возможностей, является совершенно неверным. В основе всякого динамического закона лежат статистические процессы, и в развитии всегда создаются новые возможности, из которых в действительность переходит лишь множество меньшего порядка. Поэтому всякая последовательно научная теория неизбежно должна заключать в себе вероятностные законы, в которых и будет проявляться принцип причинности.

В связи с этим важно заметить, что сам принцип причинности гораздо шире, чем принцип детерминизма в его старом понимании, и не должен с ним отождествляться, как это иногда делается. Если возвратиться к данной выше формулировке принципа причинности, то механический детерминизм будет согласовываться с первыми тремя пунктами. Но пункт четвертый, говорящий о возникновении в развитии совершенно новых причинных связей и возможностей, не вытекает из детерминизма. Подобно тому как каузальность, по выражению В. И. Ленина, представляет собой лишь малую частичку всемирной связи явлений, так и однозначный детерминизм является лишь частным проявлением всеобщего принципа причинности. Различение данных понятий позволяет более правильно понять многообразие форм причинной связи, а также специфику тех процессов, которые были открыты квантовой механикой. Квантовая механика показала ограниченность механического детерминизма, но она полностью согласуется с принципом причинности, наполняя его новым конкретным содержанием.

В соответствии с этим целесообразно говорить о процессах однозначно детерминированных и вероятностных. В первых процессах начальное состояние системы полностью определяет все ее последующие состояния на достаточно большой период времени. Например, детерминированным будет движение планет в солнечной системе. В вероятностных процессах начальное состояние определяет последующие лишь частично, поскольку в развитии возникают принципиально новые причинные связи и возможности, не заложенные в предшествующих состояниях системы. Вероятностные процессы широко распространены не только в микромире, но и в макроскопических масштабах, в биологических и общественных явлениях. Строго говоря, любое изменение в той или иной мере заключает в себе вероятностные процессы, поскольку в основе его могут лежать различные статистические закономерности. Некоторые из этих процессов исследовались знаменитым русским математиком А. А. Марковым (1856—1922) и поэтому получили название марковских.

К марковским относятся все процессы, в которых каждое начальное состояние системы определяет только непосредственно вытекающие из него процессы, а не все последующие. Данные процессы как бы не обладают «памятью», простирающейся на более ранние моменты времени, чем предшествующие. Знание прошлой истории системы здесь не имеет принципиального значения для определения ее будущего, особенно отдаленного. Это обусловлено принципом близкодействия в причинной связи. Так как в развитии возникают новые возможности, отдаленные следствия могут в корне отличаться от ближайших и тем самым от начальных причин. Данная

строго детерминировано, все их свойства имеют вполне определенное значение, но они выступают как скрытые параметры. Познание этих параметров позволило бы дать вполне однозначное предсказание поведения частиц, исключающее вероятностные функции. В соответствии с этим соотношение неопределенностей понимается ими не как объективный закон природы, а как некоторое преходящее ограничение на пути научного познания. Идеал развития квантовой теории эти авторы видят в том однозначном описании возможно будущих событий, которое выдвигалось в качестве программы классической механикой.

Несомненно, что картина микроявлений, даваемая современной квантовой теорией, является несовершенной и было бы догматизмом ее абсолютизировать. В поведении микрочастиц имеется много скрытых параметров, которые еще неизвестны современной теории и познание которых пролило бы новый свет на микропроцессы.

Вычисляемые в теории вероятностные функции, по-видимому, существенно отличны от тех объективных вероятностных законов, которые управляют поведением микрообъектов. Однако было бы неправильно считать, что квантовая теория когда-нибудь возвратится к механическому детерминизму, ибо его исходный принцип о первичности динамических законов и о том, что в развитии происходит только реализация заложенных в прошлом возможностей, является совершенно неверным. В основе всякого динамического закона лежат статистические процессы, и в развитии всегда создаются новые возможности, из которых в действительность переходит лишь множество меньшего порядка. Поэтому всякая последовательно научная теория неизбежно должна заключать в себе вероятностные законы, в которых и будет проявляться принцип причинности.

В связи с этим важно заметить, что сам принцип причинности гораздо шире, чем принцип детерминизма в его старом понимании, и не должен с ним отождествляться, как это иногда делается. Если возвратиться к данной выше формулировке принципа причинности, то механический детерминизм будет согласовываться с первыми тремя пунктами. Но пункт четвертый, говорящий о возникновении в развитии совершенно новых причинных связей и возможностей, не вытекает из детерминизма. Подобно тому как каузальность, по выражению В. И. Ленина, представляет собой лишь малую частичку всемирной связи явлений, так и однозначный детерминизм является лишь частным проявлением всеобщего принципа причинности. Различение данных понятий позволяет более правильно понять многообразие форм причинной связи, а также специфику тех процессов, которые были открыты квантовой механикой. Квантовая механика показала ограниченность механического детерминизма, но она полностью согласуется с принципом причинности, наполняя его новым конкретным содержанием.

В соответствии с этим целесообразно говорить о процессах однозначно детерминированных и вероятностных. В первых процессах начальное состояние системы полностью определяет все ее последующие состояния на достаточно большой период времени. Например, детерминированным будет движение планет в солнечной системе. В вероятностных процессах начальное состояние определяет последующие лишь частично, поскольку в развитии возникают принципиально новые причинные связи и возможности, не заложенные в предшествующих состояниях системы. Вероятностные процессы широко распространены не только в микромире, но и в макроскопических масштабах, в биологических и общественных явлениях. Строго говоря, любое изменение в той или иной мере заключает в себе вероятностные процессы, поскольку в основе его могут лежать различные статистические закономерности. Некоторые из этих процессов исследовались знаменитым русским математиком А. А. Марковым (1856—1922) и поэтому получили название марковских.

К марковским относятся все процессы, в которых каждое начальное состояние системы определяет только непосредственно вытекающие из него процессы, а не все последующие. Данные процессы как бы не обладают «памятью», простирающейся на более ранние моменты времени, чем предшествующие. Знание прошлой истории системы здесь не имеет принципиального значения для определения ее будущего, особенно отдаленного. Это обусловлено принципом близкодействия в причинной связи. Так как в развитии возникают новые возможности, отдаленные следствия могут в корне отличаться от ближайших и тем самым от начальных причин. Данная

закономерность действует не только в отношении конкретных состояний различных систем, но и самих законов их развития. В любой развивающейся системе каждый действующий закон непосредственно определяет лишь те законы, которые вытекают из него в процессе развития и мало отличаются от него по степени сложности. Законы же, коренным образом различающиеся между собой по степени сложности, не находятся в непосредственной причинной зависимости друг от друга, а обладают относительной самостоятельностью. В связи с этим можно сказать, что законы общественного развития, а также законы внутривидовых и межвидовых отношений не были заложены в законах взаимодействия элементарных частиц. В последних была заключена лишь возможность появления атомных законов. С возникновением атомов различных элементов появилась возможность молекулярных, химических законов, а на базе их — возможность возникновения законов жизни и т. д. Таким образом, принцип близкодействия проявляется и в причинной связи законов.

Подобный характер развития систем и законов определяется объективным взаимоотношением возможности и действительности, которое в свою очередь зависит от действия других диалектических законов, и прежде всего закона единства и борьбы противоположностей. Поскольку во всякой материальной системе имеются противоположные силы и тенденции и всякое действие вызывает соответствующее ему противодействие, то из множества возможностей, заложенных в системе, реализоваться всегда могут лишь сравнительно немногие. При этом важно учитывать возникновение в развитии принципиально новых *качественных* состояний, в корне отличающихся от предшествующих. Все эти совершенно новые проблемы начинают усиленно разрабатываться в настоящее время в математике в теории марковских процессов, в теории игр, научного предсказания и динамического планирования экономики.

В заключение остановимся на одном важном вопросе, тесно связанном с проблемой вероятности. Во всякой материальной системе изменение всегда направлено по линии перехода от менее вероятных к более вероятным состояниям. Какое из состояний материи является наиболее вероятным и существуют ли вообще такого рода

состояния? В рамках классической физики давался положительный ответ на данный вопрос. Здесь считалось, что наиболее вероятным является состояние статистического равновесия, к которому направлены в конечном счете все изменения в мире, в соответствии со вторым законом термодинамики. Подобные взгляды и сейчас разделяются некоторыми учеными. Так, например, Н. Винер писал: «По мере того как возрастает энтропия, вселенная и все замкнутые системы во вселенной, естественно, имеют тенденцию к изнашиванию и потере своей определенности и стремятся от наименее вероятного состояния к более вероятному, от состояния организации и дифференциации, где существуют различия и формы, к состоянию хаоса и единообразия» [1]. Общей тенденцией мира является разрушение и гибель, «беспорядок увеличивается, а порядок уменьшается» [2].

Подобные выводы основываются на абсолютизации второго закона термодинамики и совершенно неправомерны. Понятие более вероятного или менее вероятного состояния не имеет какого-то абсолютного значения, ибо оно обладает различным смыслом по отношению к разным системам. Для замкнутой системы наиболее вероятным состоянием действительно будет статистическое равновесие. Но для систем незамкнутых не существует какого-то одного наиболее вероятного состояния. Этих состояний может быть очень много в разных условиях существования системы. Из множества возможностей, существующих в системе, в действительность будут претворяться, как вероятные, лишь те, которые в наибольшей степени соответствуют имеющимся внешним условиям и действующим в системе законам. Это тем более справедливо для всего бесконечного мира в целом. Поскольку материя неисчерпаема в своей структуре, то множество ее возможных состояний бесконечно. И поэтому для материи в целом не существует наиболее вероятных состояний. Все ее состояния равновероятны. Осуществление же некоторых из них в каждом конкретном случае будет определяться только условиями развития систем и действующими в них внутренними законами.

---

[1] *Н. Винер*, Кибернетика и общество, стр. 27—28.
[2] Там же, стр. 49.

* *
*

Итак, обобщая сказанное, можно сделать следующие выводы. Развитие материи так же неуничтожимо, как и ее движение. Оно не нуждается в каком-то внешнем стимуле или источнике, а естественным образом вытекает из самой сущности взаимодействия различных материальных объектов. Материя не может существовать вне движения и взаимодействия. Всякое же взаимодействие направлено по линии объединения различных материальных элементов в более сложные системы, вследствие чего становится возможным — а при особых благоприятных условиях и необходимым — возникновение более высокоорганизованных структур. Эта тенденция к усложнению связей и форм движения неуничтожима, и поэтому развитие является в рамках всей природы бесконечным процессом.

Развитие на протяжении длительных отрезков времени выступает всегда как *нелинейный* процесс. Эта нелинейность проявляется, во-первых, в том, что в ходе развития количественные изменения приводят к коренным, качественным и возникновению принципиально новых качественных состояний материи, и, во-вторых, в том, что в развитии всегда появляется множество совершенно новых причинных связей и возможностей, не существовавших ранее. При этом качественное многообразие явлений и соответствующее ему множество возможностей непрерывно возрастают по мере перехода ко все более сложным и прогрессивным формам.

Вследствие нелинейности развитие является *многоплановым* процессом. Начавшись с некоторого исходного уровня структурной организации материи, различного для разных условий, процесс развития разветвляется затем на множество направлений, каждое из которых подчиняется своим специфическим закономерностям и приводит к качественно своеобразным результатам. Поэтому в мире не может быть единого критерия, одинаково пригодного для всех явлений. Не существует также единой причины развития. В каждой материальной системе будут действовать свои причины, причем их может быть сколько угодно много. В соответствии с этим наиболее правильным является *многопричинное* понимание развития.

Развитие материи может происходить не только в вертикальном направлении усложнения ее структурных форм, но и в направлении, близком к горизонтальному. Наряду с переходом от микрообъектов к макроскопическим телам, а затем ко все более высокоорганизованным животным развитие материи возможно на каждом из этих уровней структурной организации. Как относительно простые, так и наиболее сложные образования могут развиваться самостоятельно, по своим собственным внутренним законам. При таком развитии менее сложные формы не превращаются в более сложные, возникшие на их основе, а переходят в такие, которые имеют примерно тот же порядок сложности и совершенства.

Наряду со специфичными законами развития, действующими на каждом из уровней структурной организации материи, в природе существуют всеобщие диалектические законы, одинаково справедливые для всех форм развития. Благодаря действию этих законов формы развития различных материальных систем неразрывно связаны между собой. В едином мире имеется неисчерпаемое многообразие явлений, и в самом этом многообразии заключено высшее диалектическое единство.
